

ONGERUBRICEERD

*TNO-rapport*

97-CMC-R0286 SCHOKREDUCTIE D.M.V. ZWEVENDE VLOEREN; INVLOED DEMPING BIJ  
STIJVE KABINETTEN.

TNO Bouw

Centrum voor Mechanische Constructies

DTIC QUALITY INSPECTED 2

Lange Kleiweg 5, Rijswijk  
Postbus 49  
2600 AA Delft

Datum

25 juni 1997

Telefoon 015 284 20 00  
Fax 015 284 39 90  
Telex 38270

Auteur(s)

ir. J. van den Eikhoff

Sponsor: Ministerie van Defensie  
Directie Materieel Koninklijke  
Marine  
Afdeling MT/MMT  
Postbus 20702  
2500 ES 's-Gravenhage

Toezichthouder: TNO Defensieonderzoek

Rubriceringen:  
Vastgesteld door : ir. J.A.A. Vaders  
Vastgesteld d.d. : 27 juni 1997

Titel	: ONGERUBRICEERD
Managementuittreksel	: ONGERUBRICEERD
Tekst	: ONGERUBRICEERD
Bijlagen	: ONGERUBRICEERD

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

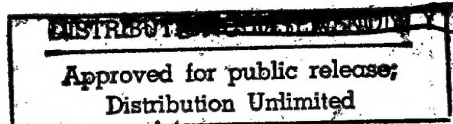
Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onder-  
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

Projectnr. : 72376786 - A97/KM/106  
Auteur : ir J. van den Eikhoff  
Goedgekeurd : ir. R. Regoord  
Pagina's : 37 (excl. RDP & distr.lijst)

© TNO

ONGERUBRICEERD

19971224 015



TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over  
bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer  
de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw,  
toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene  
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,  
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de  
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Managementuittreksel.

Titel : Schokreductie d.m.v. Zwevende Vloeren; Invloed damping bij  
stijve kabinetten.  
Auteurs : J. van den Eikhoff  
Datum : 25 juni 1997  
Opdr. nr : 72376786 ; A97/KM/106  
IWP nr. : 792  
Rapportnr. : 97-CMC-R0286

Aan schokreductiemaatregelen, met name het verend opstellen van apparatuur wordt vanzelfsprekend, al sinds lange tijd veel aandacht en onderzoek besteed.

Met name de laatste jaren is het belang van schokreductie nog verder toegenomen, onder invloed van krimpende defensiebudgetten en de daarmee gepaard gaande wens en verwachting om bij nieuwbouw tot kostenbesparing te geraken door ondermeer specifieke schokeisen aan apparatuur naar toeleveranciers waar mogelijk te laten vervallen.

Onder deze omstandigheden is het van belang dat verende opstellingen een zo groot mogelijke schokreductie bieden zodat het stellen van schokeisen aan apparatuur dan inderdaad zonder al te groot risico achterwege kan blijven. Omdat, meer nog dan vroeger, zeer grote slap verend opgestelde vloeren zullen worden gaan toegepast, verdienen deze extra aandacht.

Eerder uitgevoerde schokresponsieberekeningen, [1], [2], [3], hadden betrekking op representatieve dek - vloer combinaties zoals mogelijk aanwezig in de commandocentrale van het LCF.

Bij de laatste van deze berekeningen [3] was sprake van een vloer opgebouwd uit door de KSG voorgestelde stalen UNP 80\*50\*5 profielen en opgesteld op kabelgewonden veren van Sebert. Van die dek-vloer combinatie werden vervolgens eigentrillingsvormen en frequenties bepaald, maar ook van het dek en de vloer afzonderlijk en tevens voor enkele gemodificeerde constructies [4].

Daarmee werd het inzicht in de interactie tussen dek en vloer verder vergroot.

Uit die vorige berekeningen [3], [4] kwam onder meer naar voren dat de doorgeleide versnelling naar de vloer al oscillerend aanzienlijk toenam en groter werd dan verwacht. Daarom werd in [9] door middel van een nieuwe schokresponsieberekening verder aandacht geschonken aan het effect van het vrijwel samenvallen van de eigenfrequenties van dek- en vloertrilvormen. In [9] is ook aandacht besteed aan het effect van extra dekdamping.

In [10] werd het effect onderzocht van de tot nu toe onbekende invloed van de kabinetten op de vloerstijfheid. De in dat rapport veronderstelde veel hogere stijfheid van de kabinetten heeft een lichte verhoging (3%) van de maximale spanning in het dek en een verlaging van de maximale spanning in de vloer (35 %) tot gevolg; waarschijnlijk voornamelijk doordat de eigenfrequenties van dek en vloer daar bijna niet samenvielen.

In dit rapport wordt opnieuw uitgegaan van de verhoogde vloerstijfheid ten gevolge van de kabinetten en wordt bovendien damping ingevoerd voor zowel het dek als de vloerconstructie. Vergeleken met de vorige berekening [10] zijn de versnellingen op de vloer nog wat gedaald en zijn ook de spanningen in het dek en de vloer lager geworden.

INHOUDSOPGAVE

Managementuittreksel	2
INHOUDSOPGAVE	3
1. INLEIDING	4
2. UITGEVOERDE ANALYSE	6
2.17 Som 17	6
2.17.1 Locatie	6
2.17.2 Dek	6
2.17.3 Aanstoting	6
2.17.4 Vloer	6
2.17.5 Veren en constructiedemping	7
2.17.6 Berekeningen	7
2.17.7 Rekenresultaten	8
2.17.7.1 Schokbeweging van het dek	8
2.17.7.2 Schokbeweging van de vloer	8
2.17.7.3 Gedrag van de veren	9
2.17.7.4 Buigspanningen in het dek en in de vloer	9
3. CONCLUSIES	11
LITERATUUR	12
APPENDIX A Figuren	13
APPENDIX B Schokspectra	26
APPENDIX C Damping van de vloer	

## 1. INLEIDING

In 1995 werd een meerjarenproject "Schokreductiemaatregelen" opgestart. In het kader van dat project, dat niet exclusief gericht is op het LCF, wordt onder meer aandacht besteed aan de schokresponsie van grote zwevende vloeren. Om daarbij aan te sluiten bij reële afmetingen en constructies werd op verzoek van de Afdeling MT/MMT gerekend aan een representatieve dwarsscheepse doorsnede van een dek en de daarop slap verend opgestelde vloer t.p.v. de commandocentrale van het LCF.

In het kader van dat project zijn daarover tot nu toe vier interim rapporten verschenen: [1], [2], [4] en [9], terwijl in het kader van een ander project, dat wel direct betrekking heeft op het LCF, nog een vijfde rapport verschenen is [3].

Kort samengevat is in de eerder uitgebrachte rapporten sprake van het volgende:

Het betreft steeds een 2D dwarsscheeps rekenmodel met een dekbreedte van 16.8 m en een vloerbreedte van 13.2 m.

De mate van detaillering in het eindige elementen model is gering, met in totaal slechts een 52-tal balkelementen en een 21-tal veerelementen.

Het eerst verschenen rapport [1] betreft de schokresponsie van een dek-vloer combinatie bij toepassing van kabelgewonden veren van het type Polycal Y1642-2 van Socitec, waarbij de vloer is opgebouwd uit aluminium pallet delen. Qua aanstoting is in de eerste plaats de gestandaardiseerde schokbeweging pulsvorm C(F) toegepast (bij som 3) en vervolgens de kickoff puls (bij som 4). Geconcludeerd werd dat deze laatste het meest realistisch is.

Het tweede rapport [2] betreft de zelfde dek-vloer combinatie, maar nu met toepassing van rubber veren van het type N2C kl.4 van Loggers.

Deze veren worden ook wel toegepast onder dit soort vloeren in Duitse fregatten. Deze laatste berekeningen (som 6) lieten grotere doorgeleide versnellingen naar de vloer zien ( $200 \text{ m/s}^2$  vergeleken met  $60 \text{ m/s}^2$  bij de kabelgewonden veren) en ook grotere buigspanningen in de vloerbalk.

Het derde rapport [3] heeft betrekking op een geheel andere vloer. Enige tijd geleden heeft de KSG een tekening uitgebracht, getiteld "Voorstel Schokvloeren", gedateerd 31-5-96, betrekking hebbend op de computerruimte Sewaco achter. Dat betekent vervanging van de aluminium vloer met aan elkaar geboude pallets door een enkel gelast stalen frame, opgebouwd uit koudgewalste UNP 80\*50\*5 profielen. Deze zelfde profielen zijn nu aanwezig verondersteld in de vloer t.p.v. de commandocentrale. De vloer is wederom opgesteld op kabel gewonden veren, nu van het type K19 100-02 van Sebert. Aanstoting wederom met de kickoff puls.

De uitgevoerde schokresponsieberekening wordt in [3] aangeduid met som 7.

Daarbij ligt een vergelijking voor de hand met de resultaten van som 4 omdat bij beide berekeningen sprake is van aanstoting met de kickoff puls en ook van, qua veer karakteristiek, gelijkwaardige schokveren.

Opvallend is dan dat de slappere stalen vloer bij het meest linkse kabinet 1 een flinke opslingering vertoont waarbij de versnelling lokaal aangroeit tot een waarde van  $100 \text{ m/s}^2$ , hetgeen hoog is in vergelijking met de  $60 \text{ m/s}^2$  bij som 4. Verondersteld werd ([3], blz 13) dat er "blijkbaar sprake is van een eigentrillingsvorm van de vloer die dicht ligt bij de excitatie frequentie van 33 Hz van het dekvelde.

Dit werd later bevestigd bij de berekening van de trilvormen (som 8). Er blijkt een trilvorm met een frequentie van 32.7 Hz te bestaan (zie [4], figuur 12) waarbij vrijwel alleen het dek en met name daarvan de zijvelden trillen. Vlak daarbij in de buurt ligt een trilvorm ([4], figuur 11) met een eigenfrequentie van 31.7 Hz, waarbij met name de vloer trilt en het dek vrijwel stilstaat. Die trilvorm heeft zijn grootste amplituden bij het linker kabinet 1.

Een duidelijk voorbeeld van zo'n lokale opslingering van de vloer betreft b.v. de versnelling van de linkerkant van kabinet 1 (som 7, [3], figuur A.7.6). Deze figuur wekt de indruk dat bij ongeveer 500 ms de maximale amplitude wel ongeveer bereikt is. Dat zou wijzen op een zweving met een frequentie van ongeveer 1 Hz. Dat is inderdaad het verschil in

eigenfrequentie van de twee genoemde trilvormen.

Bij de zelfde som slingert b.v. het midden onder kabinet 2 in het geheel niet op ([3], figuur A.7.9). Dat is niet verwonderlijk omdat een van de twee trilvormen daar juist een knoop vertoont ([4], figuur 11). Die trilvorm, met de frequentie van 31.7 Hz, doet vermoeden dat de vloer ook onder het rechter kabinet 3 een aanzienlijke aangroei van de amplitude te zien zal geven waarbij de zijkanten van kabinet 3 dan in tegenfase moeten bewegen. Dat is inderdaad het geval blijkens de in [9] opgenomen figuur A.16.25.

Het effect van het vrijwel samenvallen van eigenfrequenties van "het dek" en van "de vloer" (gesimplificeerd omschreven) kan dus stellig belangrijk zijn voor de doorgeleide schok naar de vloer.

De invloed van variatie in deze bijna samenvallende eigenfrequenties en de invloed van extra demping in het dek is onderzocht in [9].

De invloed van de veronderstelde stijfheidsverhoging van de vloer door de aanwezigheid van de kabinetten is middels **som 16** onderzocht in [10]. Daarbij werd geen demping aangenomen.

Het nu voorliggende rapport (som 17) betreft de schokresponsie van deze dek vloer combinatie waarbij de vloer ter plaatse van de kabinetten eveneens een factor 100 stijver wordt verondersteld (evenals in **som 16**), in plaats van 10 keer zoals in **som 7**. Nu is echter zowel in dek als vloer extra demping aangebracht op dezelfde wijze als in [9]. Directe vergelijking met de responsieresultaten van **som 16** ligt voor de hand omdat het enige verschil in het rekenmodel de extra demping van het dek en de vloer betreft.

\* \* \*

Van de zijde van de K.M., DMKM, Afdeling MT/MMT werd het onderzoek begeleid door ir. J.A.A. Vaders.

\* \* \*

## 2. UITGEVOERDE ANALYSES.

(deelhoofdstukken 2.1 t/m 2.16 opzettelijk blank gelaten.)

### 2.17 SOM 17.

#### 2.17.1 LOCATIE.

Het F-dek t.p.v. de commandocentrale. Daarvan een dwarsscheepse doorsnede over de volle breedte van het schip, ongeveer halverwege het compartiment.

#### 2.17.2 DEK.

De modellering van het dek is exact gelijk aan die van som 7. Zie hoofdstuk 2.7.2 van [3].

#### 2.17.3 AANSTOTING.

De aanstoting is met de kickoff puls zoals die bepaald werd met het programma SWISS [6] en zoals die, met precies de zelfde numerieke waarden eerder werd voorgeschreven bij **som 7** (zie [3] hoofdstuk 2.7.3 voor een omschrijving).

#### 2.17.4 VLOER.

Uit fig. 1 blijkt dat er sprake is van 3 kabinetten, elk met een lengte van 3.6 m (6 velden) en een breedte van 1.8 m (3 velden). Die kabinetten zijn symmetrisch geplaatst t.o.v hart schip met tussenruimten van 1.2 m (2 velden).

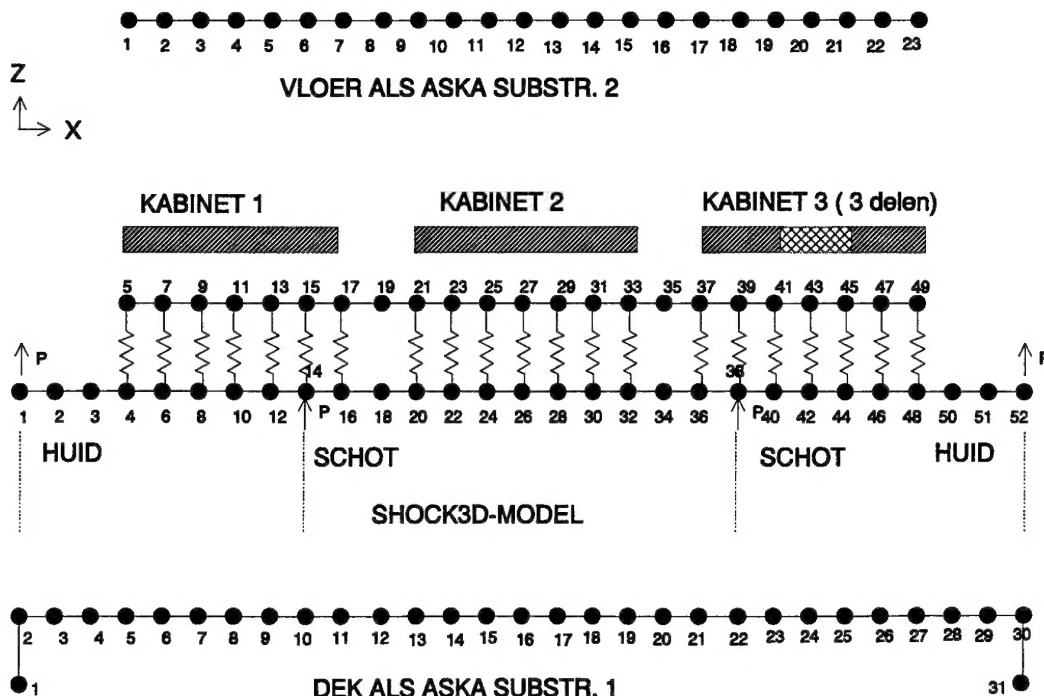


fig. 1 Model met knooppuntsnummers in SHOCK3D en ASKA.

De kabinetten 1 en 2 bevatten elk doorgaande profielen in langsrichting. Over de kabinetten zelf is qua constructiegegevens nog niet voldoende bekend om die additionele stijfheid met enige zekerheid in rekening te kunnen brengen. Aangenomen is dat aan de uiteinden van het kabinet (het eerste en het zesde veld) geen sprake is van een bijdrage aan de stijfheid maar dat over de vier middelste velden het traagheidsmoment en het afschuifoppervlak een factor 100 hoger zijn, zie fig. 2. In som 7 [3] was een factor 10 aangenomen. Voor verdere details zie [3] hoofdstuk 2.7.4

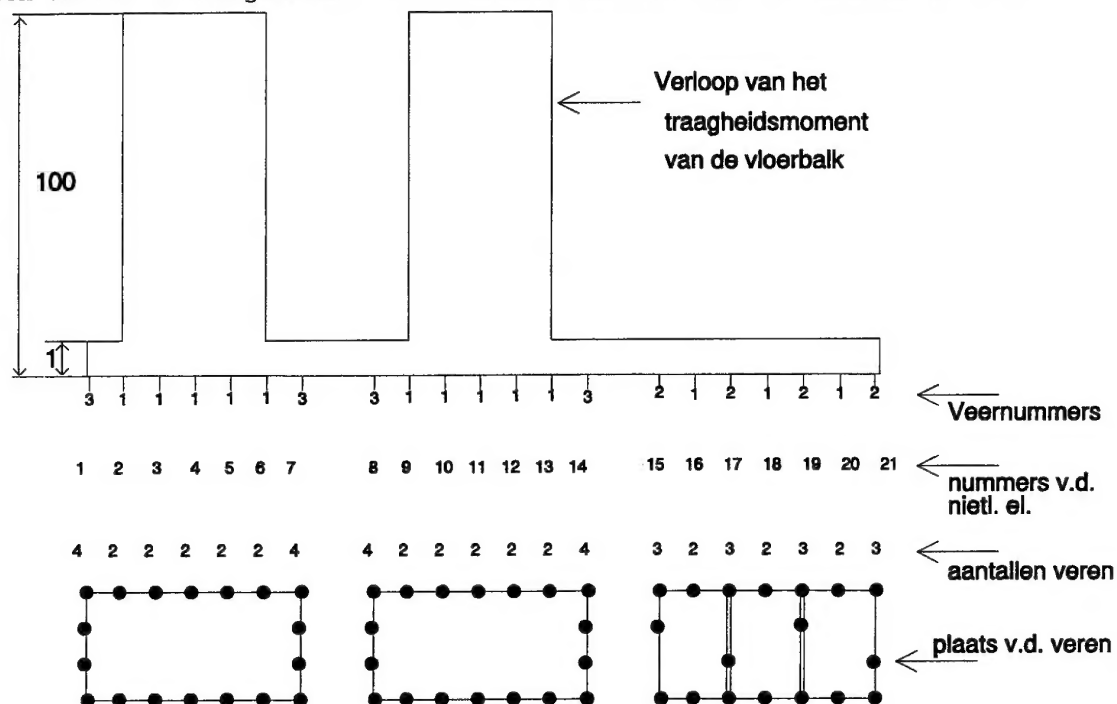


fig. 2 De vloerbalk en de daaraan verbonden veren.

#### 2.17.5 VEREN EN CONSTRUCTIEDEMPING.

Omdat ook aan de verende opstelling niets is veranderd wordt hier voor volledige informatie verwezen naar de beschrijving onder som 7 ([3], hoofdstuk 2.7.5).

Demping in het dek is geïntroduceerd door tussen alle knooppunten van het dek horizontaal liggende veren te plaatsen, zonder stijfheid, maar met alleen een waarde voor demping in de verticale richting. Dit is dezelfde methode als gebruikt in [9]. De dempingsfactor van de veren van veertype 1 in het SHOCK3D rekenprogramma [8] is  $K=6500$  Ns/m. Deze demping geeft voor de belangrijkste trilvormen een demping van 3 á 4% van de kritische demping.

Op analoge wijze is demping gemodelleerd in de vloer door dergelijke horizontaal liggende veren aan te brengen tussen alle knooppunten van de vloer. Zie Appendix C voor de resultaten voor een vloer (met kabinetten) aangestoten ter plaatse van de schotten. De dempingsconstante voor deze veren is  $K=4900$  Ns/m en geeft voor de belangrijkste trilvorm een demping van iets meer dan 4%.

#### 2.17.6 BEREKENING.

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd:

- (1) Berekening van de stijfheidsmatrices van het dek en van de vloer als aparte substructures in ASKA. Statische condensatie van het aantal vrijheidsgraden waardoor alleen de verticale translaties overgebleven zijn.
- (2) Responsieberekening van het totale systeem in SHOCK3D [8] over 500 ms met 16666 tijdstappen van 0.03 ms.  
Uitvoer van de responsie om de 9 ms.  
Uitvoer naar files elke 0.9 ms voor het plotten (m.b.v. MATLAB) van responsie resultaten, voor het berekenen van de snedekrachten en de rotaties in de hierop volgende ASKA berekeningen en voor het berekenen van schokspectra.
- (3) ASKA berekeningen voor 555 belastingsgevallen (tijden).  
Uitvoer van de extreme waarden van de snedekrachten in alle knooppunten met de bijbehorende tijdstippen.  
Uitvoer van alle snedekrachten, translaties, rotaties en reaktiekrachten t.p.v. de voorgeschreven vrijheidsgraden op een aantal geselecteerde tijdstippen waarop sprake is van maximale responsies. M.b.v. IDEAS zijn voor deze tijdstippen een aantal verplaatsingsplots getekend.
- (4) Berekening van initiële schokspectra m.b.v. MATLAB, op een wijze identiek aan die bij **Som 7** en **Som 16** (zie figuren B.17.1 - B.17.9).

#### 2.17.7 REKENRESULTATEN.

Bij de bespreking van de rekenresultaten zal veelvuldig verwezen worden naar de knooppuntsnummers (n.p. of node) zoals die in ASKA dan wel in SHOCK3D toegekend werden. Zie daartoe fig. 1.

De nummers van de niet-lineaire elementen (1 t/m 21) vindt men terug in fig. 2.

Alle figuren die betrekking hebben op de responsie zijn in Appendices A en B opgenomen.

##### 2.17.7.1 Schokbeweging van het dek.

De absolute verplaatsingen van SHOCK3D n.p. 1 (scheepswand) en van n.p. 6 en 26 (middens van de velden) zijn afgebeeld in de figuren A.17.1 en A.17.2 en de versnellingen van deze zelfde punten in de figuren A.17.3 en A.17.4. Deze 4 figuren betreffen de responsie over 500 ms.

De snelheden van deze zelfde punten 1, 6 en 26 zijn bovendien voor de eerste 100 ms weergegeven in figuur A.17.5.

Schokspectra zijn weergegeven in de figuren B.17.1 t/m B.17.3.

Commentaar:

Ten opzichte van **som 16** is damping in vloer en dek aangebracht maar de aanstoting van het dek is niet veranderd.

De schokresponsie van het dek verschilt weinig met die van **som 16**. Dat blijkt als men bovengenoemde figuren vergelijkt met de figuren A.16.1 t/m A.16.5 en B.16.1 t/m B.16.3 [10].

Het hier volgende commentaar bij de dekresponsie is dan ook vrijwel hetzelfde als bij **som 16**.

Bij het dekveld tussen de scheepshuid en het langsschot domineert een trilvorm met een eigenfrequentie van 33 Hz. De maximale doorbuiging van dit stuk dek (n.p. 6) is ongeveer 12.4 mm, circa 10% minder dan in **Som 16**.

Het dek tussen de twee langsschotten in (n.p. 26) buigt ongeveer 15.4 mm door, 33% minder als in **Som 16**. Van de hier aanwezige trilvormen is, kijkend naar de verplaatsingen, vooral die met een frequentie van 15 Hz belangrijk.

De maximum waarden van de versnellingen op het dek (fig A.16.3 en



fig.A.16.4) liggen vrijwel steeds (aanzienlijk) beneden de  $800 \text{ m/s}^2$ . Blijkbaar worden ook hogere trilvormen in het dek aangestoten, hetgeen ook verwacht mag worden gezien de kleine stijgtijd tot de maximum snelheid van de voorgeschreven puls. Uit de tijdsignalen, met name de versnellingen blijkt dat het systeem licht gedempt is voor de frequenties 15 en 33 Hz. De amplituden nemen langzaam af. De trillingen met hogere frequenties zijn snel uitgedempt.

#### 2.17.7.2 Schokbeweging van de vloer.

De versnellingen van SHOCK3D n.p. 5, 11, 17, 27, 39, 43 en 47 zijn afgebeeld in de figuren A.17.6 t/m A.17.12. Bovendien zijn van de knooppunten 7, 11 en 15 (onder kabinet 1) de versnellingen weergegeven in fig. A.17.13 en van de knooppunten 21, 27 en 33 (onder kabinet 2) in fig. A.17.14 en van de knooppunten 37, 43 en 49 (onder het gedeelde kabinet 3) in fig. A.17.15.

Schokspectra zijn weergegeven in de figuren B.17.4 t/m B.17.9.

Verder zijn op een zestal kritieke tijdstippen de vloerverplaatsingen weergegeven. Zie de figuren A.17.16 t/m A.17.21.

#### Commentaar:

Vergeleken met **som 16** is de vloer (en het dek) gedempt. De vloer laat nu een iets andere schokresponsie zien. Alvorens daar op in te gaan kan opgemerkt worden dat in alle versnellingssignalen opnieuw de laagfrequente opstellingsfrequentie van 4.1 Hz herkenbaar is. Die laagfrequente component is verantwoordelijk voor een versnellingsniveau over de gehele lengte op de vloer van ongeveer 20 á 25  $\text{m/s}^2$ .

Het is opvallend dat nu t.p.v. de rechter zijde van het linker kabinet en in het midden van het middelste kabinet de opslingering bij ongeveer 160 Hz in het schokspectrum (b.v. knooppunten 11 en 27) globaal een factor 8 lager is dan bij **som 16**. Door de damping ontstaat niet het zweavingsverschijnsel dat in **som 16** opviel.

De piekwaarden van de versnellingen liggen bij deze **som 17** beneden de 35  $\text{m/s}^2$ .

Uit de schokspectra blijkt, dat de versnellingen aan de uiteinden van kabinet 3 6 keer kleiner zijn geworden, doordat de hogere frequenties sneller gedempt worden.

#### 2.17.7.3 Gedrag van de veren.

Voor de niet-lineaire elementen 2, 4, 6, en 11 (zie fig. 2 voor de nummering) zijn de gedurende 500 ms doorlopen veer karakteristieken weergegeven in de figuren A.17.22 t/m A.17.25.

#### Commentaar:

Elk van de 4 elementen vertegenwoordigt 2 parallel geplaatste K19 100-02 veren.

De elementen 2, 4 en 6 zijn alle onder kabinet 1 geplaatst.

De veren blijken maximaal ongeveer 40 mm ingedrukt en ook uitgerekt te worden. Ter plaatse van de langsschotten zijn deze waarden het kleinst. Voor deze niet bijzonder grote waarden mag worden aangenomen dat de veer karakteristiek qua niet-lineariteit goed in het model verwerkt is. De verschillen met **som 16** blijken klein.

#### 2.17.7.4 Buigspanningen in het dek en in de vloer.

Voor 555 quasi-statische belastingsgevallen is m.b.v. ASKA per knooppunt zowel voor het dek als voor de vloer nagegaan wat de extreme waarden zijn voor de buigende momenten in de balk elementen. Tabel 2.17.1 geeft daarvan een overzicht met de grootste positieve en de grootste negatieve waarden evenals de tijdstippen waarop die extremen optreden.

Omdat bij het dek duidelijk sprake is van symmetrie (de extreme waarden

meestal tot op 3 cijfers gelijk zijnde) vermeldt de tabel alleen de waarden voor de linker helft van de constructie.

V.w.b. de vloer zijn in de tabel niet die knooppunten opgenomen die verbonden zijn aan de verstijfde balkelementen (samenhangend met de aanwezigheid van kabinetten). Daar is de situatie met dit voorlopige model minder goed interpreteerbaar.

Als we de buigende momenten delen door het weerstandsmoment vinden we dat in het dek de grootste buigspanning optreedt na 27 ms bij de schotten (knooppunt 10) met 264 MPa, 36% lager dan in **som 16** (414 MPa). De op een na grootste spanning treedt op in het hart van het linker dek (knooppunt 6) na 73 ms en bedraagt 255 MPa. De vloeigrens van het toegepaste staal ligt bij ongeveer 350 MPa en een elastische berekening, zoals hier uitgevoerd, is acceptabel. De spanningsreductie door de damping is het kleinst bij de schotten en maximaal midden tussen de schotten

In de UNP profielen van de vloer treedt een grootste buigspanning op van 56 MPa aan de linkerkant van kabinet 1 (knooppunt 2) na 430 ms. Ongeveer 10 tot 20% minder grote spanningen treden op rechts van kabinet 1, links en rechts van kabinet 2 (knooppunten 6, 10 en 14). Vergeleken met de vloeigrens is het spanningsniveau in de vloer laag en vergeleken met **som 16** ca 20% lager. Ook bij deze berekening treden de grootste spanningen in de vloerbalk weer op die plaatsen op waar sprake is van een overgang in buigstijfheid. De spanningsreductie is hier maximaal bij kabinet 3 en minimaal bij kabinet 1.

Knooppunt- nummers in ASKA	Extreme waarden				Weerstands moment  $W_b \times 10^{-4}$ [m³]
	Positief		Negatief		
	$M_b \times 10^5$ [Nm]	t [ms]	$M_b \times 10^5$ [Nm]	t [ms]	
<u>dek</u>					
2	0.54	133	0.71	80	3.29
3	0.15	19	0.15	29	"
4	0.61	80	0.52	29	"
5	0.81	79	0.65	22	"
6	0.84	73	0.74	20	"
7	0.70	69	0.53	123	"
8	0.52	62	0.31	150	"
9	0.50	20	0.41	386	"
10	0.87	27	0.79	384	"
11	0.79	33	0.55	180	3.33
12	0.56	33	0.32	81	"
13	0.21	162	0.38	51	"
14	0.40	387	0.43	34	"
15	0.56	387	0.72	33	"
16	0.66	182	0.84	29	"
<u>vloer</u>					
2	0.032	430	0.026	77	0.574
6	0.027	433	0.015	159	"
7	0.008	69	0.007	245	"
8	0.004	78	0.005	315	"
9	0.003	129	0.006	393	"
10	0.029	500	0.020	163	"
14	0.020	500	0.025	136	"
15	0.008	237	0.012	442	"
16	0.005	147	0.011	421	"
17	0.012	138	0.013	416	"
18	0.009	500	0.012	253	"
19	0.016	500	0.014	252	"
20	0.023	435	0.013	152	"
21	0.022	456	0.012	127	"
22	0.017	448	0.010	108	"

**Tabel 2.17.1** De extreme buigende momenten (som 17).

### 3. CONCLUSIES.

- (1) Vergeleken met een eerder doorgerekende dek-vloer combinatie met stalen UNP profielen (**som 16**) t.p.v. de commandocentrale van het LCF [10] is nu met **Som 17** het effect van demping van dek en vloer bekeken

Verder geldt:

- De vloer is evenals in **Som 16** erg stijf verondersteld t.p.v. de grote kabinetten.
  - De dekconstructie is onveranderd gelaten.
  - De aanstoting van het dek met de kickoff puls t.p.v. de huid en de langsschotten is conform **Som 4** en **Som 7** en **Som 16**.
  - De vloer bestaat evenals in **Som 7** en **Som 16** uit een gelast stalen frame van UNP 80\*50\*5 profielen.
  - Evenals in **Som 7** en **Som 16** zijn staalkabelveren van Sebert K19 100-02 gebruikt tussen dek en vloer.
- (2) De schokresponsie van het dek bevat in **Som 17** minder hoogfrequente componenten.
- (3) De schokresponsie van de vloer is in **Som 17** overeenkomstig die van **Som 16**, maar ook hier zijn minder hoogfrequente componenten doordat de hogere eigenfrequenties snel worden uitgedempt. Versnellingspieken op de vloer komen nu niet uit boven 35 m/s<sup>2</sup>.
- (4) Door de grotere demping zijn de spanningen in de vloer lager (ca 20%) dan in **Som 16**. Ook de maximale spanningen in het dek zijn lager geworden (ca 36 %).
- (5) Uit de resultaten van deze berekening blijkt dat met name de versnellingssignalen gevoelig zijn voor de demping van dek en vloer.

#### Naschrift

De schokresponsie is gunstiger geworden, zowel door de zeer groot veronderstelde stijfheid van de kabinetten (**Som 16**) als door de invoering van constructiedemping (**Som 17**). Echter zowel bij de modellering van de stijfheid van de kabinetten als bij die van de demping gaat het om niet meer dan gissingen. Aan de berekende responsieresultaten mag dan ook voor wat betreft de precieze waarden zeker niet al te veel betekenis worden toegekend. Door aan beide aspecten alsnog meer aandacht te besteden en de resultaten daarvan in het model te verwerken zouden betrouwbaarder responsieresultaten kunnen worden verkregen. Dat betekent aparte berekeningen aan de stijfheidsbijdrage van een typisch kabinet en onderzoek (literatuur, experimenten) naar dempingswaarden.

LITERATUUR.

- [1] R. Regoord  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren  
TNO rapport 95-CMC-R1243 November 1995
- [2] R. Regoord  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; Veertype N2C kl.4  
TNO rapport 96-CMC-R0264 Maart 1996
- [3] R. Regoord  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; Stalen UNP profielen  
TNO rapport 96-CMC-R0288 18 Juli 1996
- [4] J. Oostvogels  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; trilvormen  
TNO rapport 96-CMC-R1442 November 1996
- [5] R. Regoord  
Projectplan voor "Schokreductie maatregelen"  
TNO memo 95-CMC-M136, 17 juli 1995
- [6] R. Regoord, J. van Vught, B.Q.M. Westgeest  
Theoretical and User's Manual for the SWISS code -  
Shock Wave Induced Ship Shock. (version 2.0)  
TNO report 95-MAR-R0613, August 1994, Company Confidential
- [7] Catalogus van Sebert Schwingungstechnik GmbH  
K-Type Shock Mounts For Naval Applications.
- [8] R. Regoord, B.Q.M. Westgeest  
Manual for SHOCK3D, version 2.0  
Computer program for non-linear shock response.  
TNO report 94-CMC-R0539, August 1994
- [9] J. v.d. Eikhoff, R. Regoord  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; Invloed damping en  
samenvallende eigenfrequenties.  
TNO rapport 96-CMC-R1445 16 december 1996
- [10] J. v.d. Eikhoff, R. Regoord  
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; Invloed stijfheid kabinetten.  
TNO rapport 97-CMC-R0273 25 maart 1997

APPENDIX A: Figuren

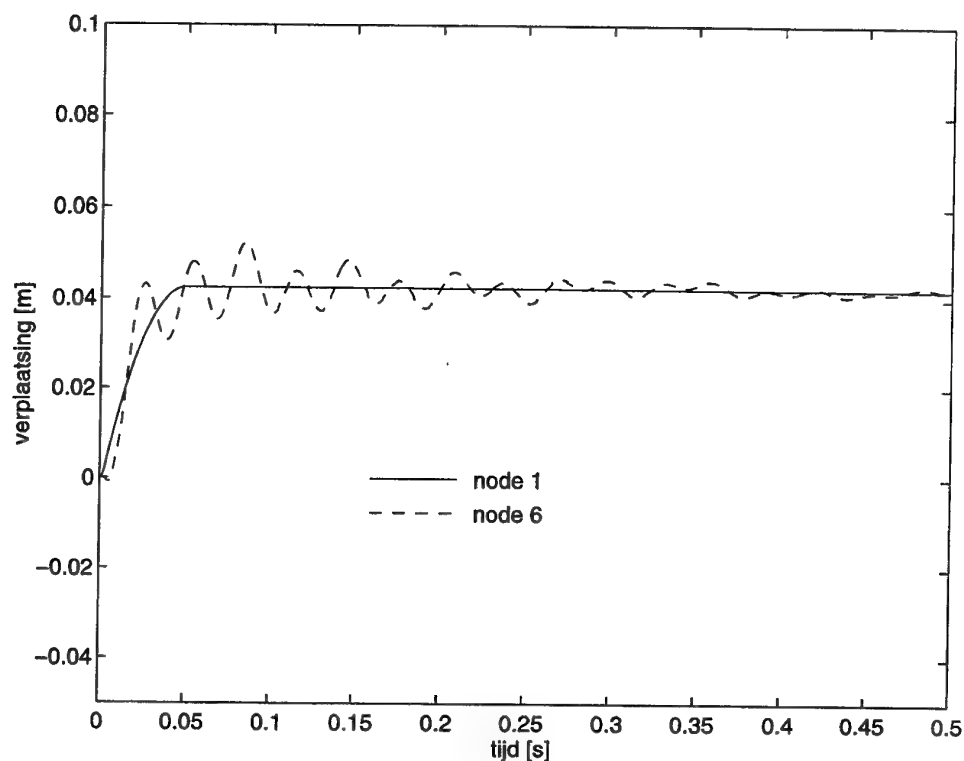


fig. A.17.1 Verplaatsing som 17 dek n.p. 6 en n.p. 1 (voorgeschreven).

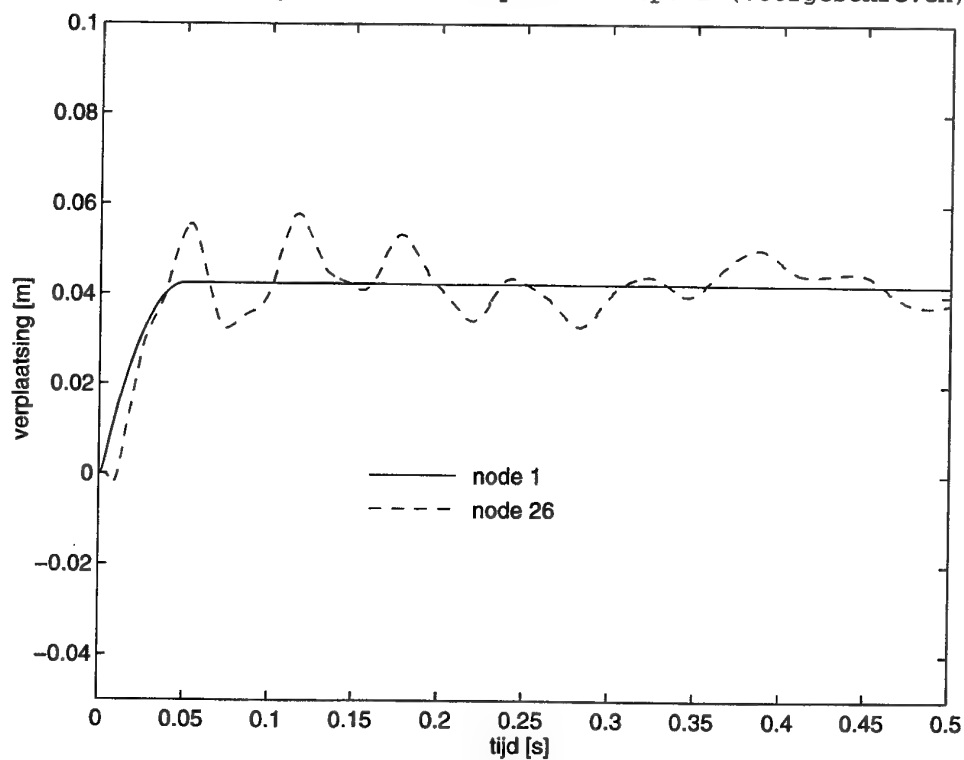


fig. A.17.2 Verplaatsing som 17 dek n.p. 26 en 1 (voorgeschreven).

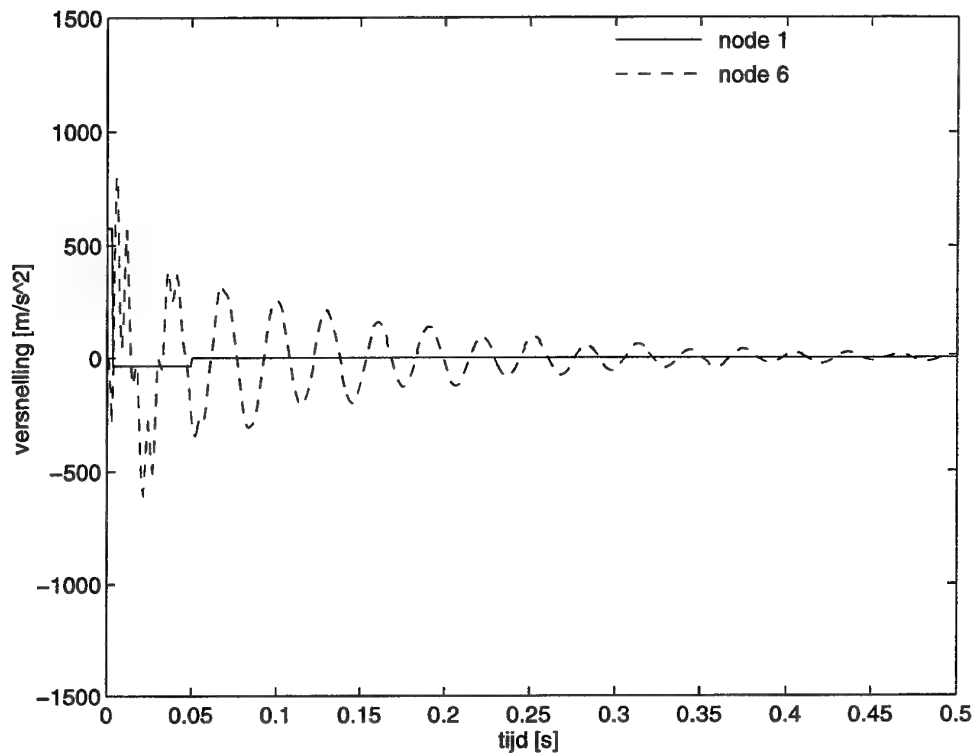


fig. A.17.3 Versnelling som 17 dek n.p. 6 en n.p. 1 (voorgeschreven).

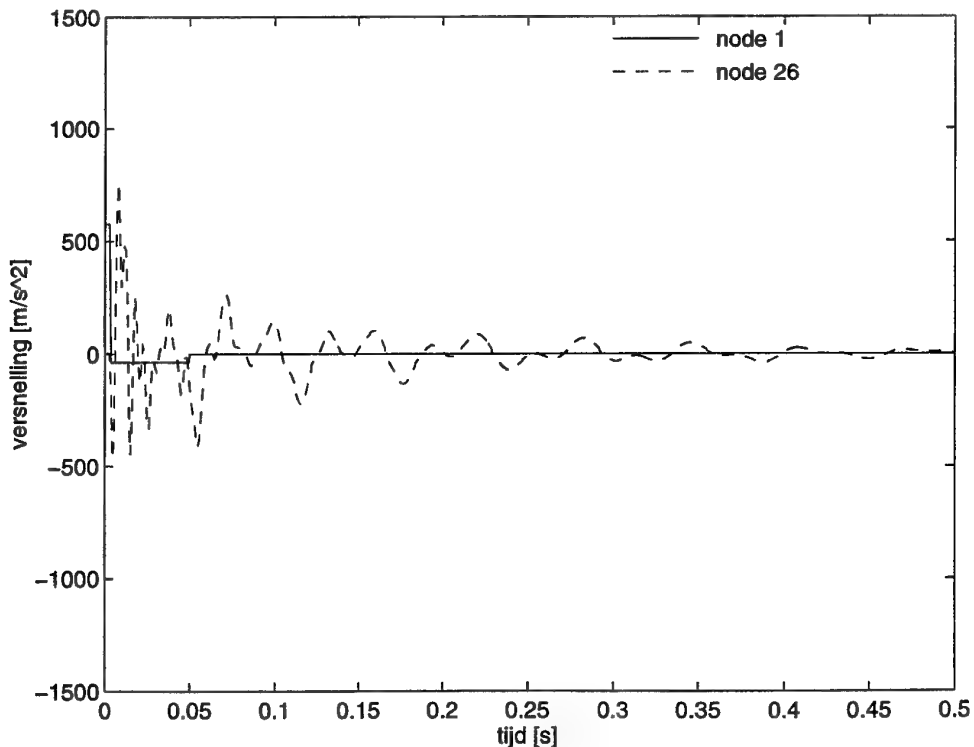


fig. A.17.4 Versnelling som 17 dek n.p. 26 en n.p. 1 (voorgeschreven).

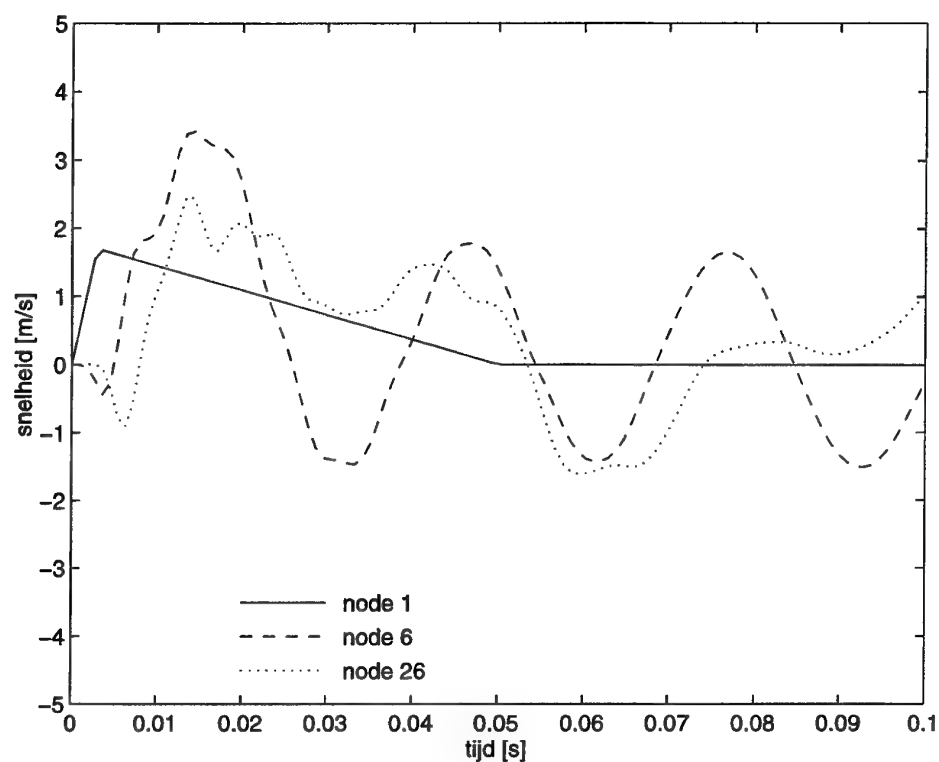


fig. A.17.5 Snelheid som 17 dek n.p. 6, 26 en 1 (voorgeschreven).

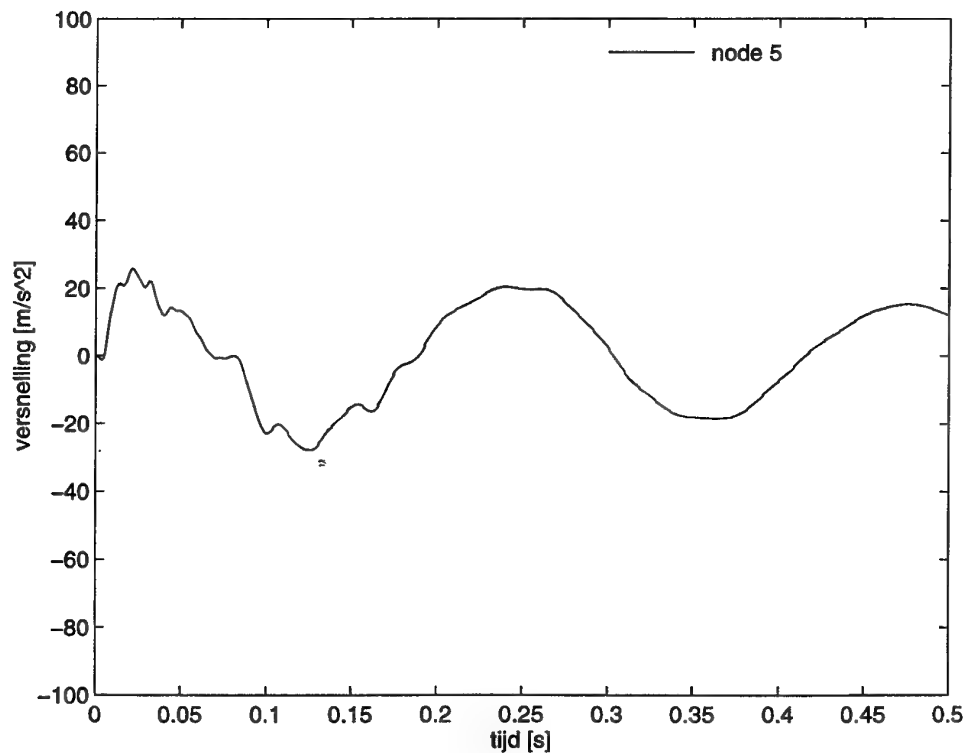


fig. A.17.6 Versnelling som 17 vloer n.p. 5.



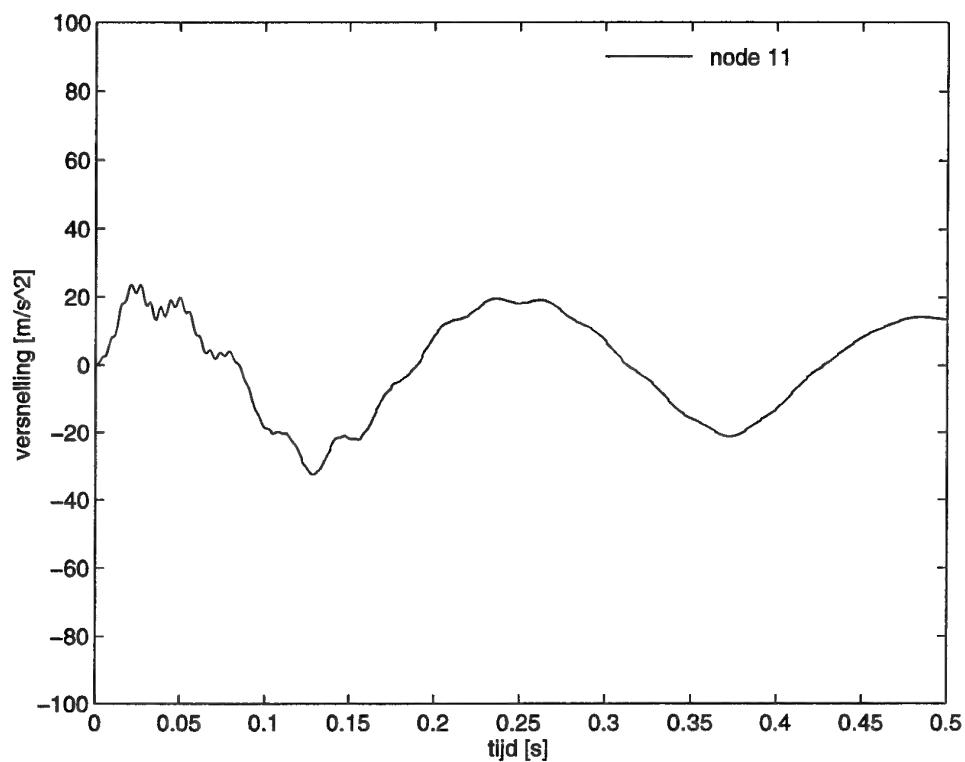


fig. A.17.7 Versnelling som 17 vloer n.p. 11.

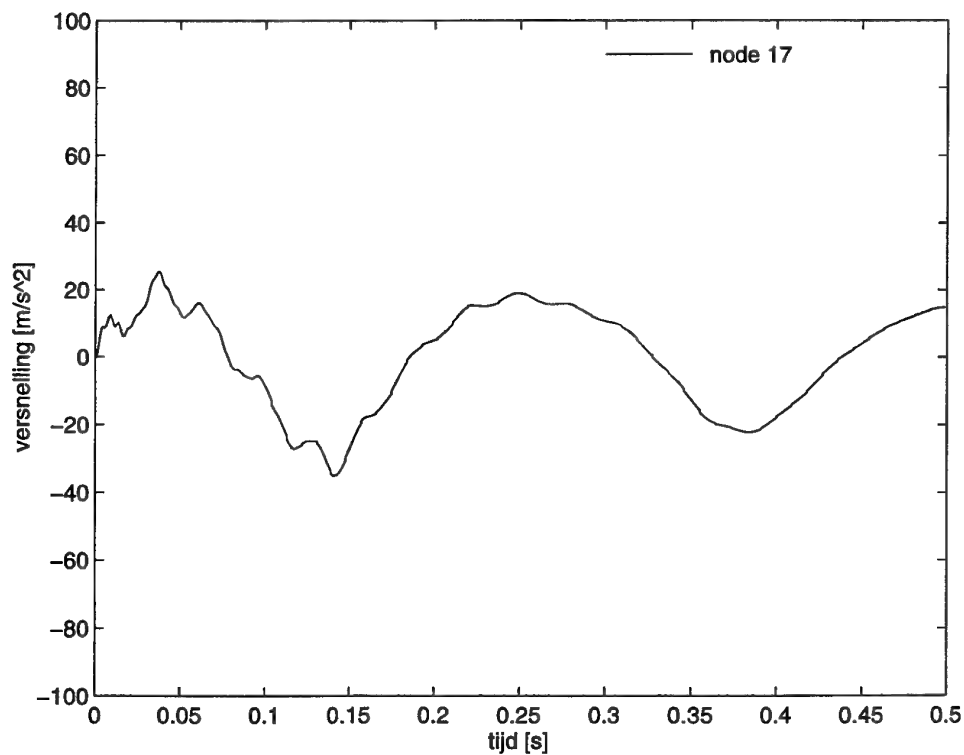


fig. A.17.8 Versnelling som 17 vloer n.p. 17.

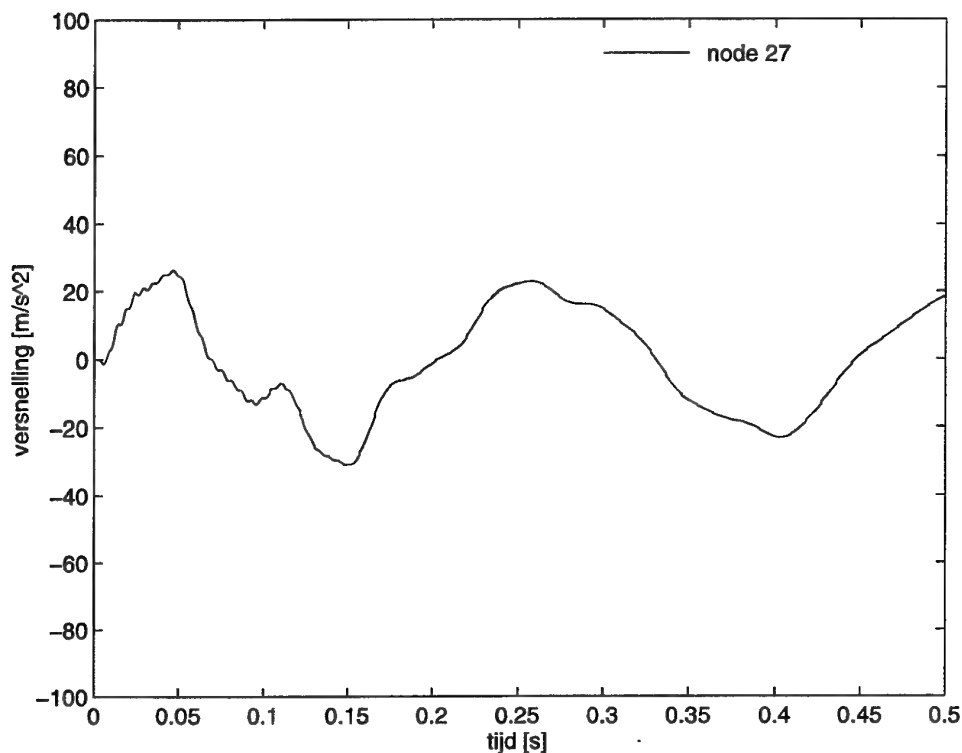


fig. A.17.9 Versnelling som 17 vloer n.p. 27.

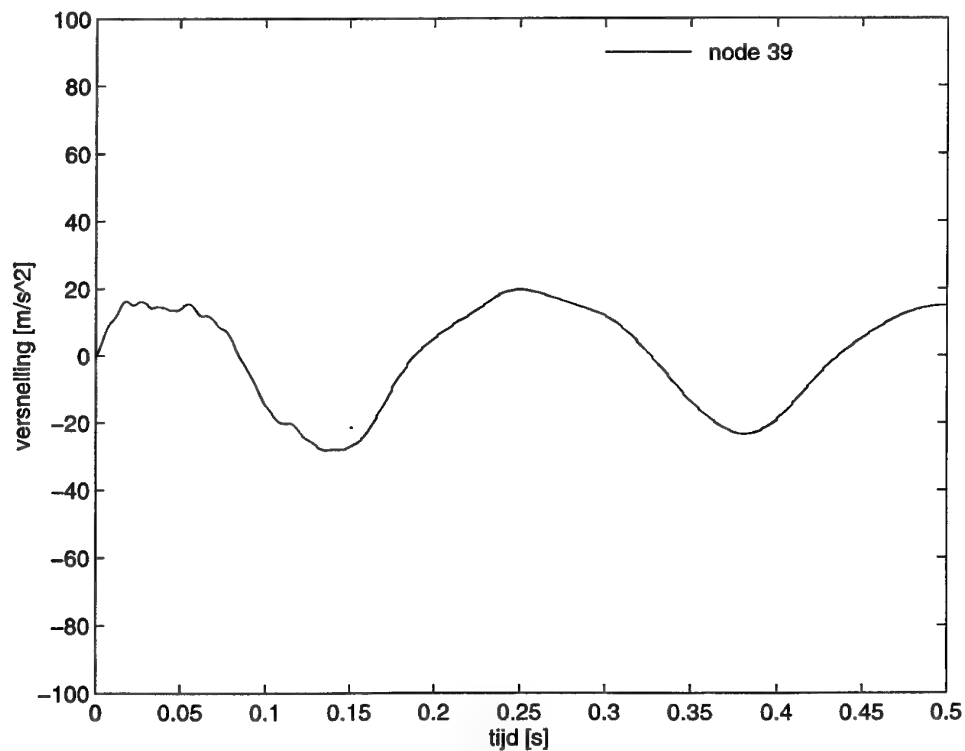


fig. A.17.10 Versnelling som 17 vloer n.p. 39.

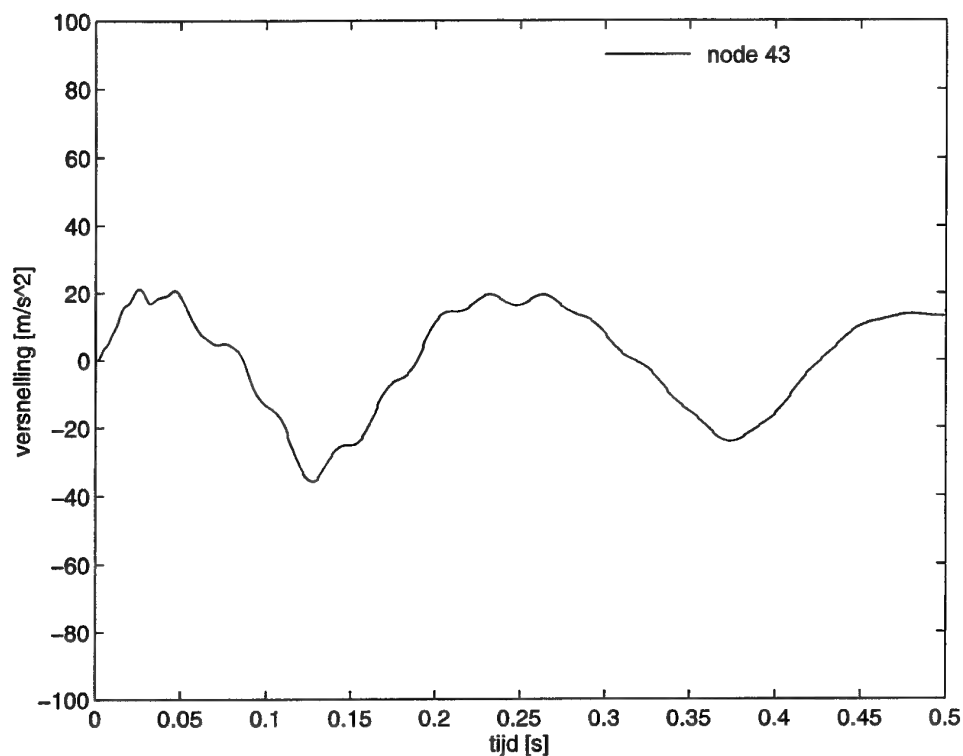


fig. A.17.11 Versnelling som 17 vloer n.p. 43.

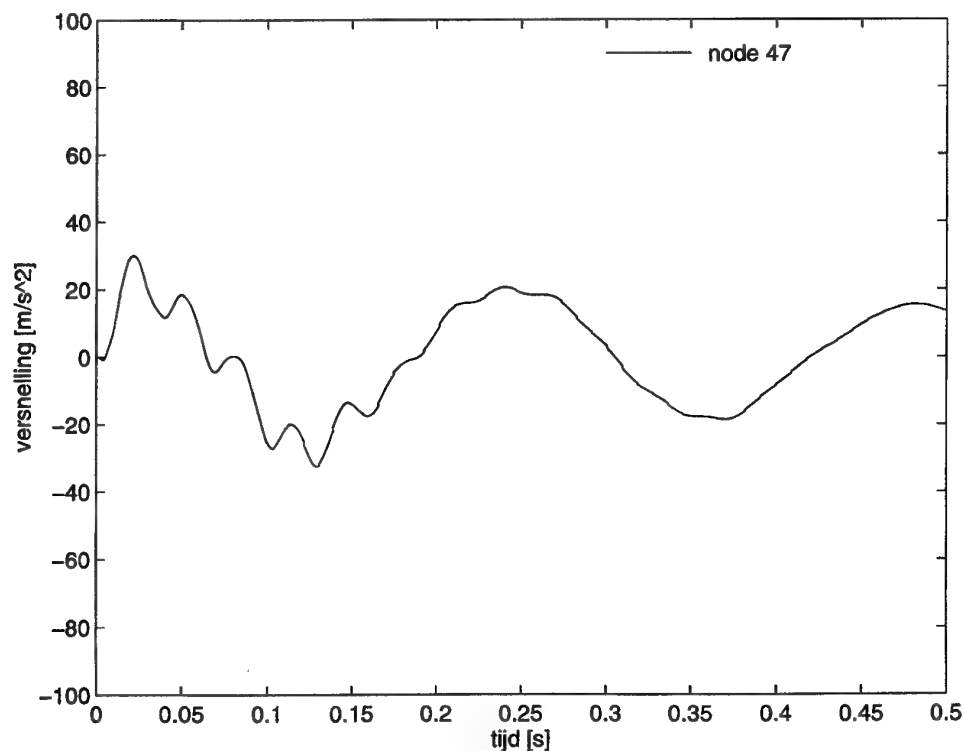


fig. A.17.12 Versnelling som 17 vloer n.p. 47.

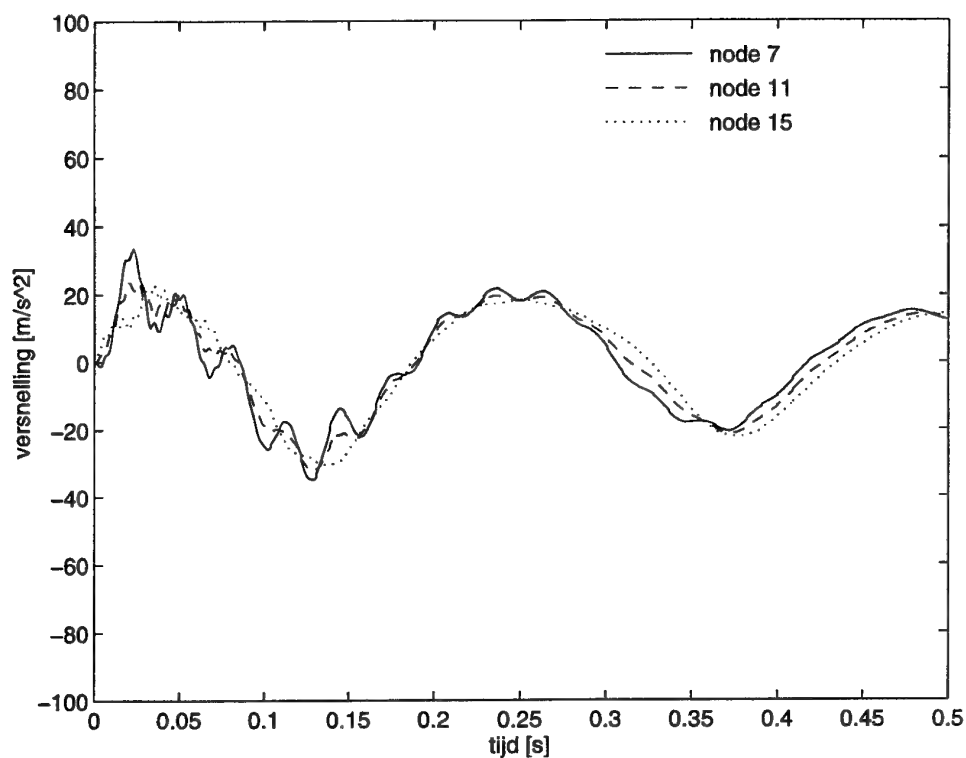


fig. A.17.13 Versnelling som 17 vloer n.p. 7, 11 en 15.

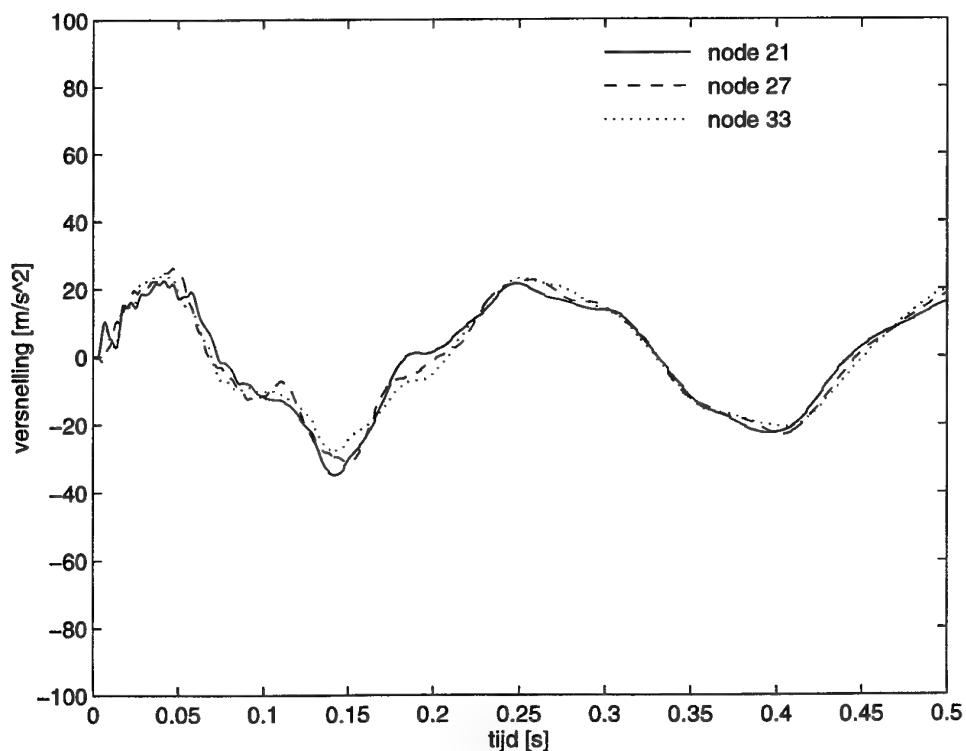


fig. A.17.14 Versnelling som 17 vloer n.p. 21, 27 en 33.

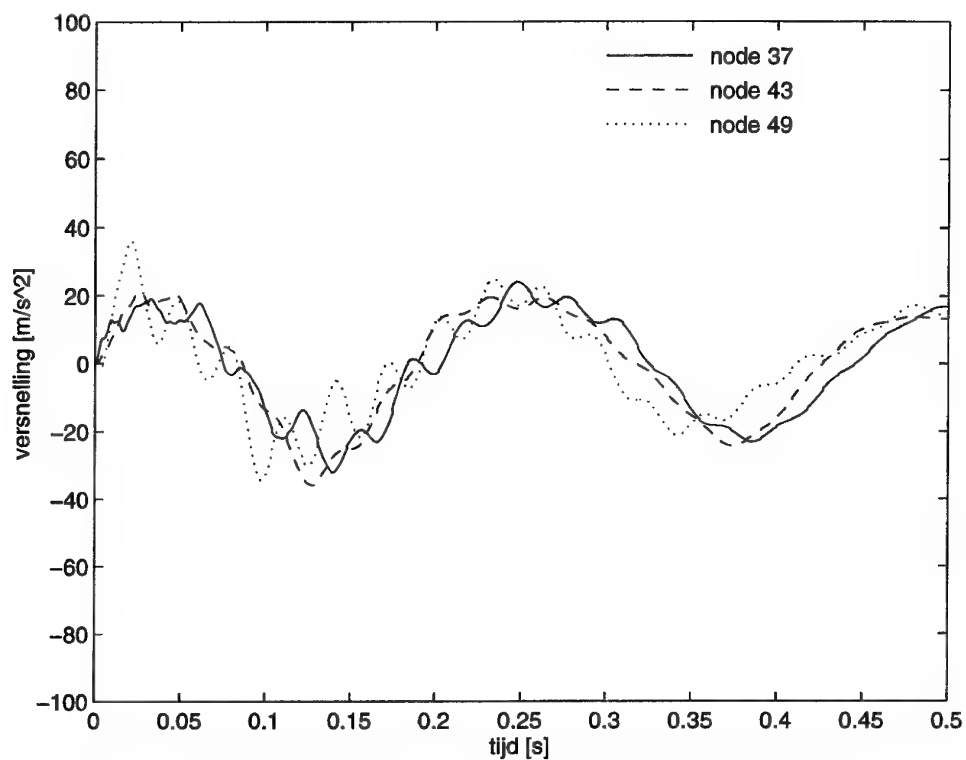


fig. A.17.15 Versnelling som 17 vloer n.p. 37, 43 en 49.

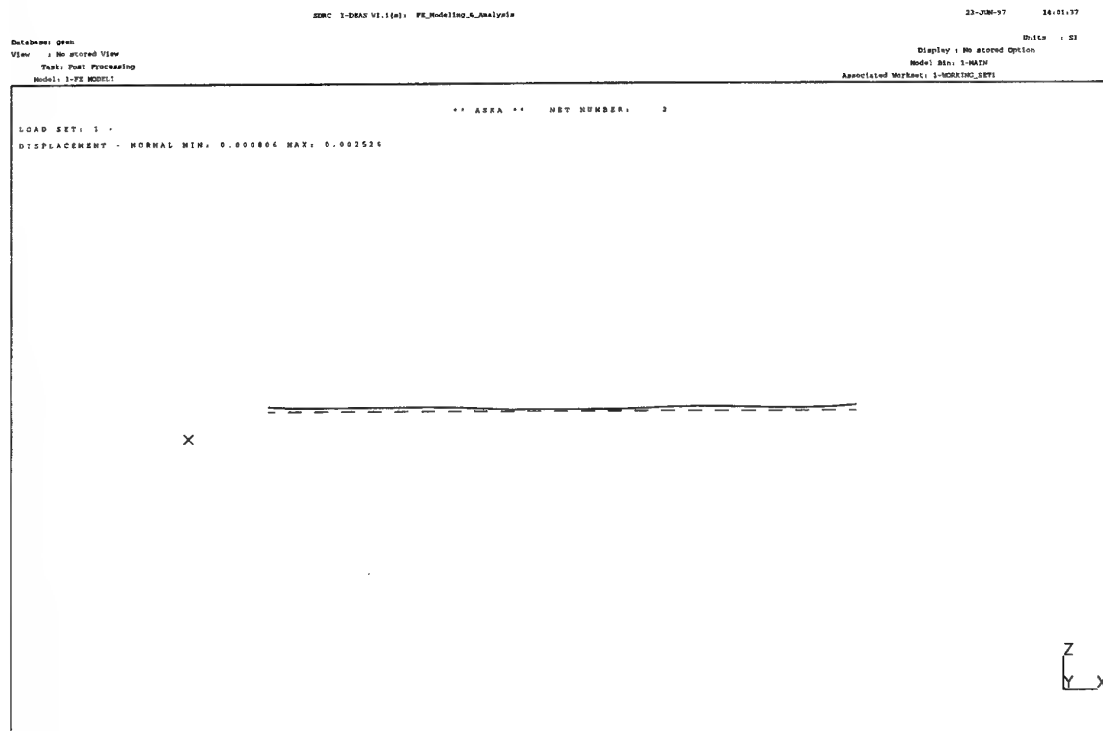


fig. A.17.16

Verplaatsing vloer som 17 na 77 ms.

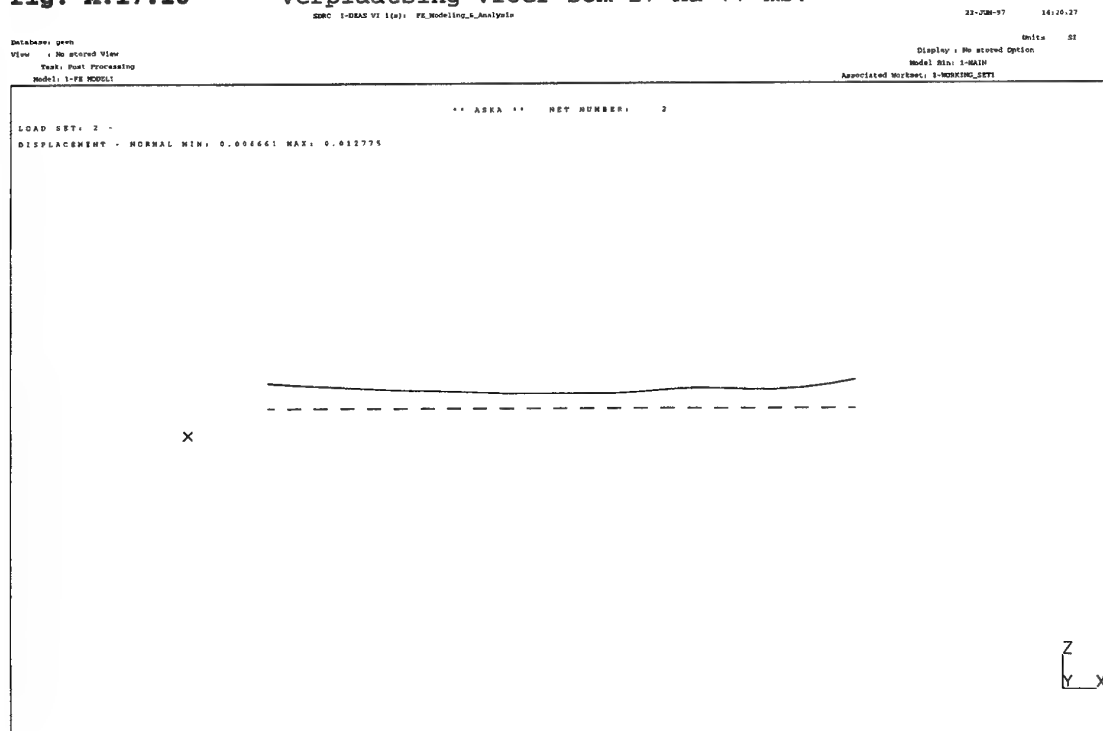


fig. A.17.17

Verplaatsing vloer som 17 na 136 ms.

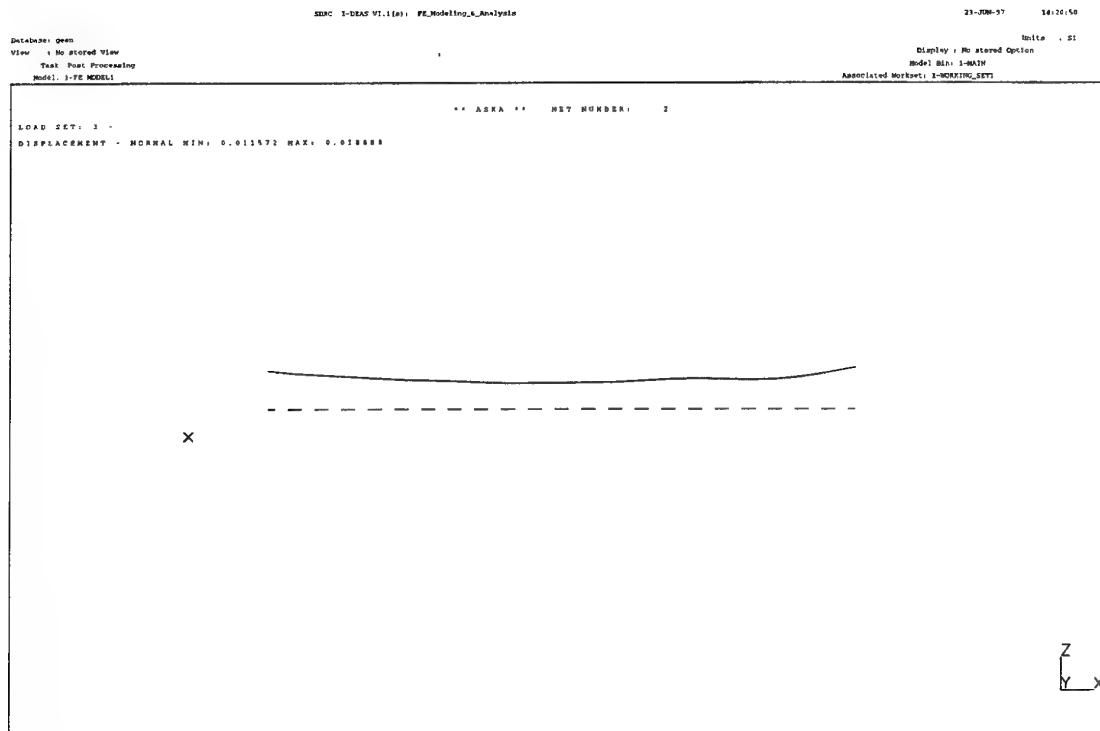


fig. A.17.18

Verplaatsing vloer som 17 na 163 ms.

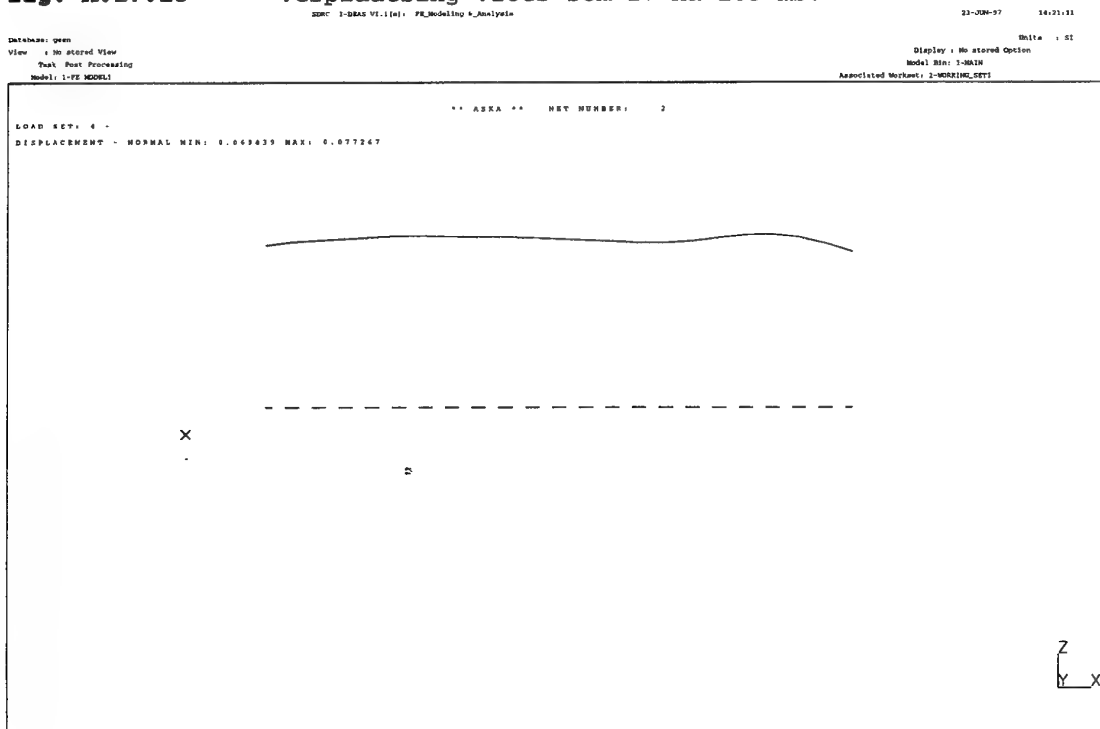


fig. A.17.19

Verplaatsing vloer som 17 na 433 ms.

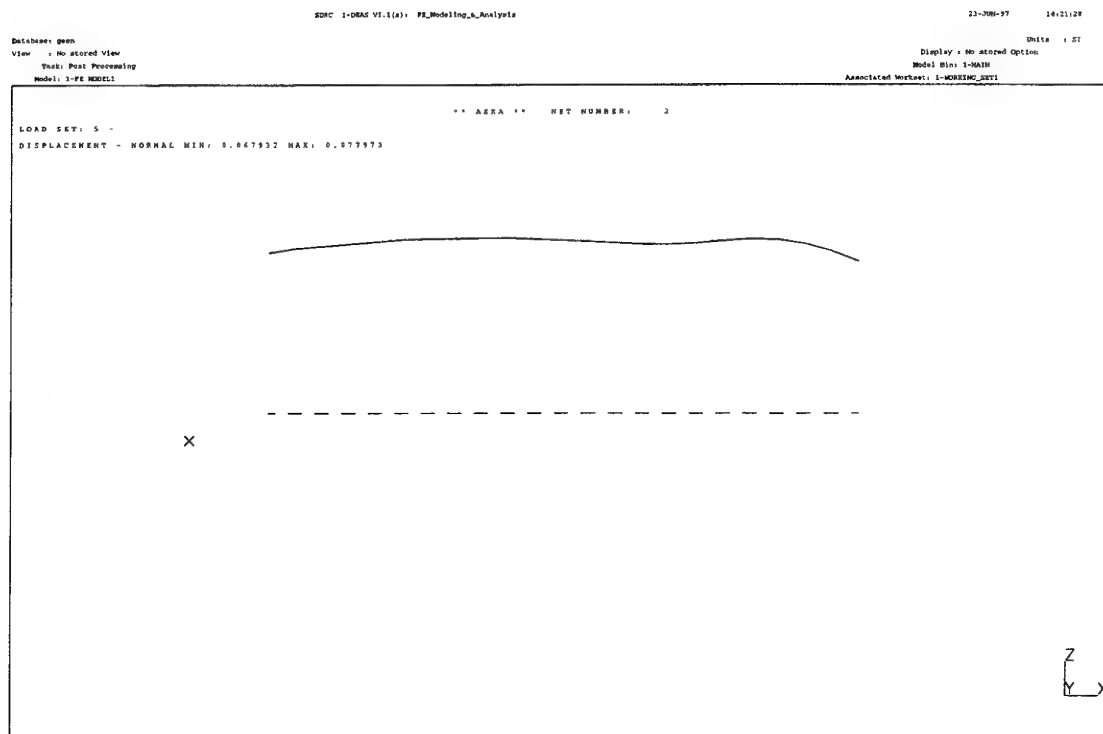


fig. A.17.20

Verplaatsing vloer som 17 na 456 ms.

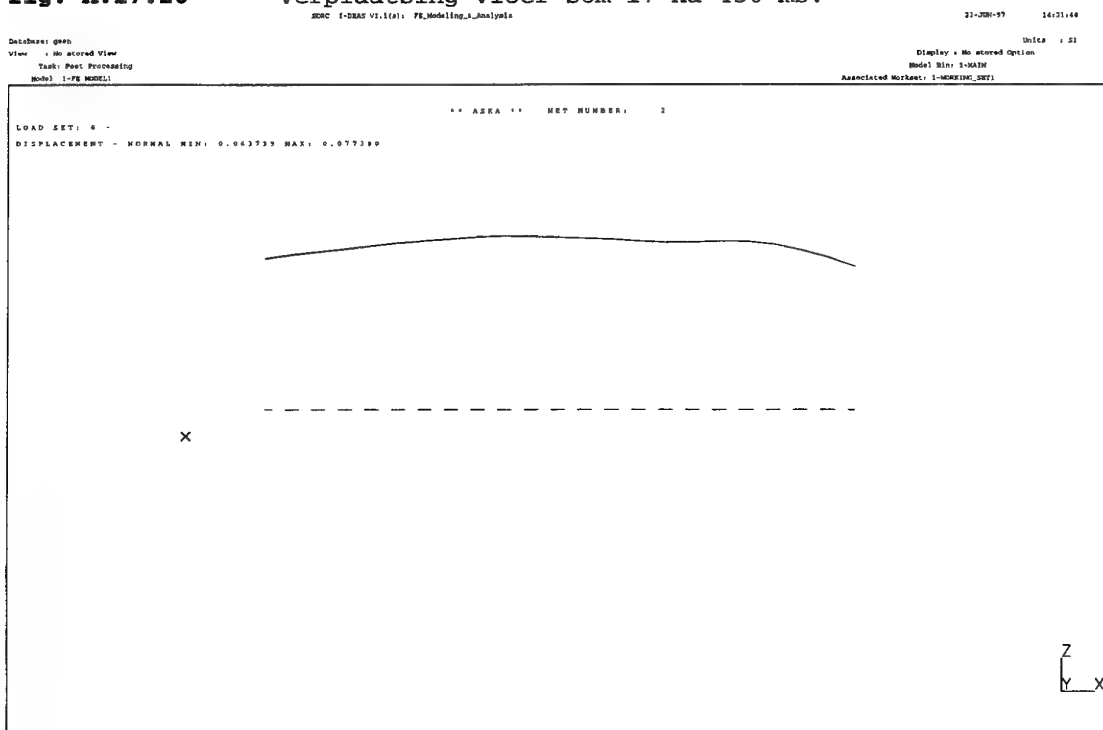


fig. A.17.21

Verplaatsing vloer som 17 na 500 ms.

De verplaatsingen zijn in deze figuren een faktor 50 opgeschaald.



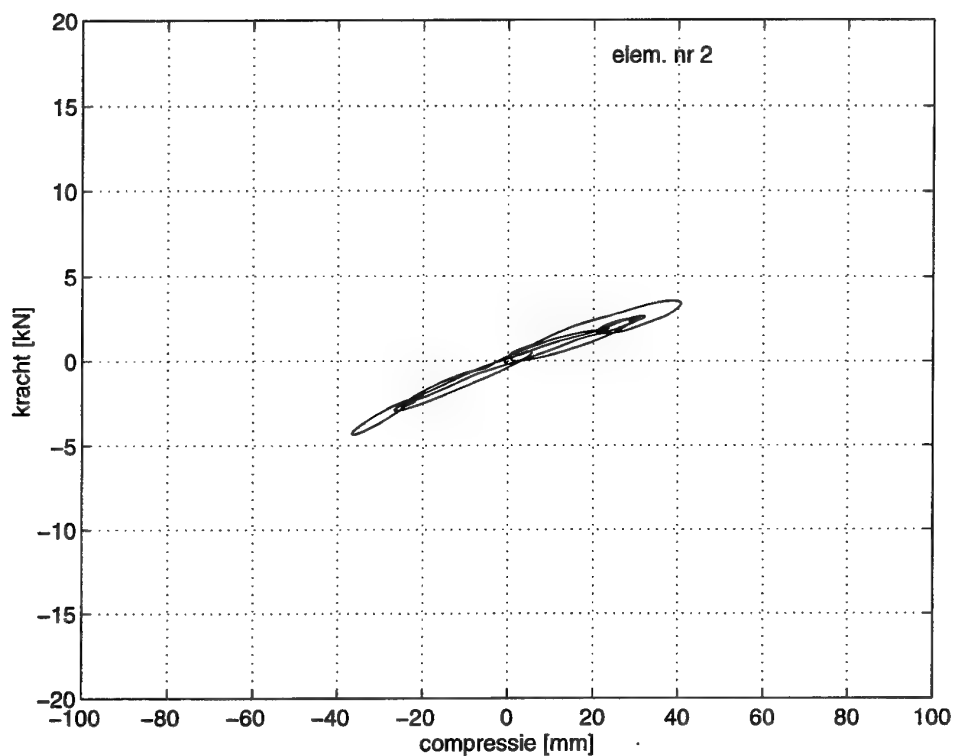


fig. A.17.22 Veer karakteristiek som 17 element 2.

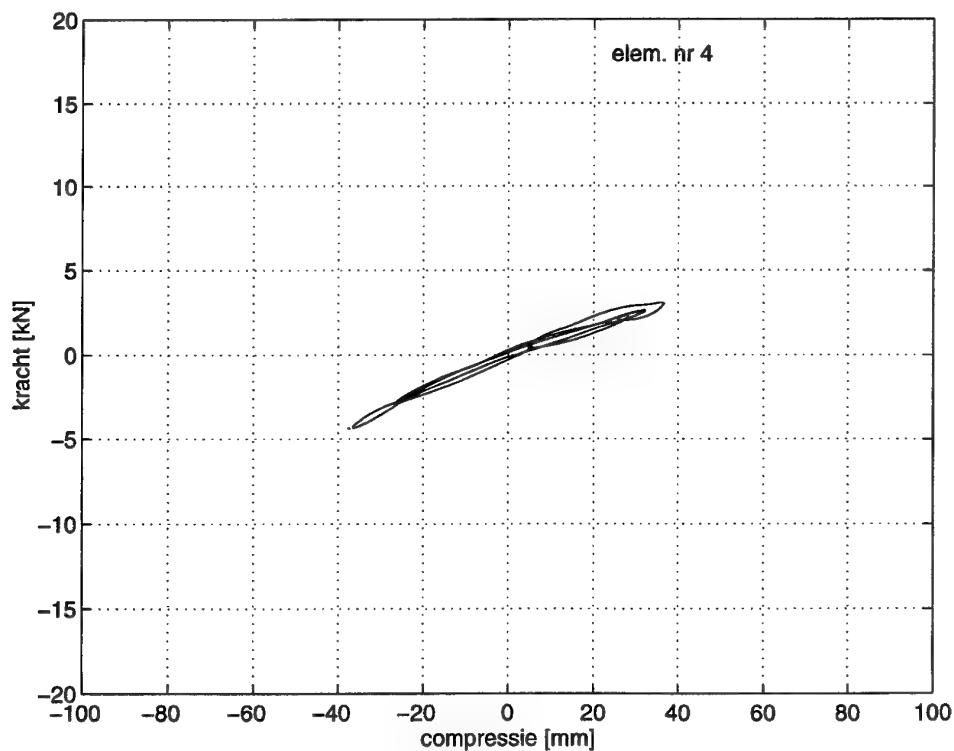


fig. A.17.23 Veer karakteristiek som 17 element 4.

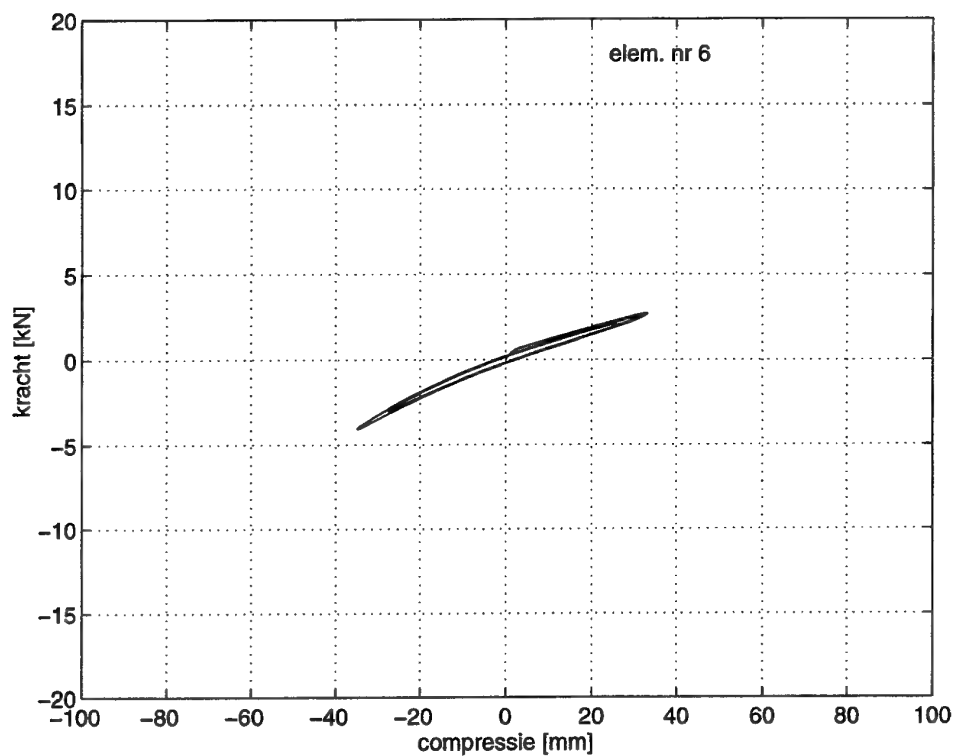


fig. A.17.24 Veer karakteristiek som 17 element 6.

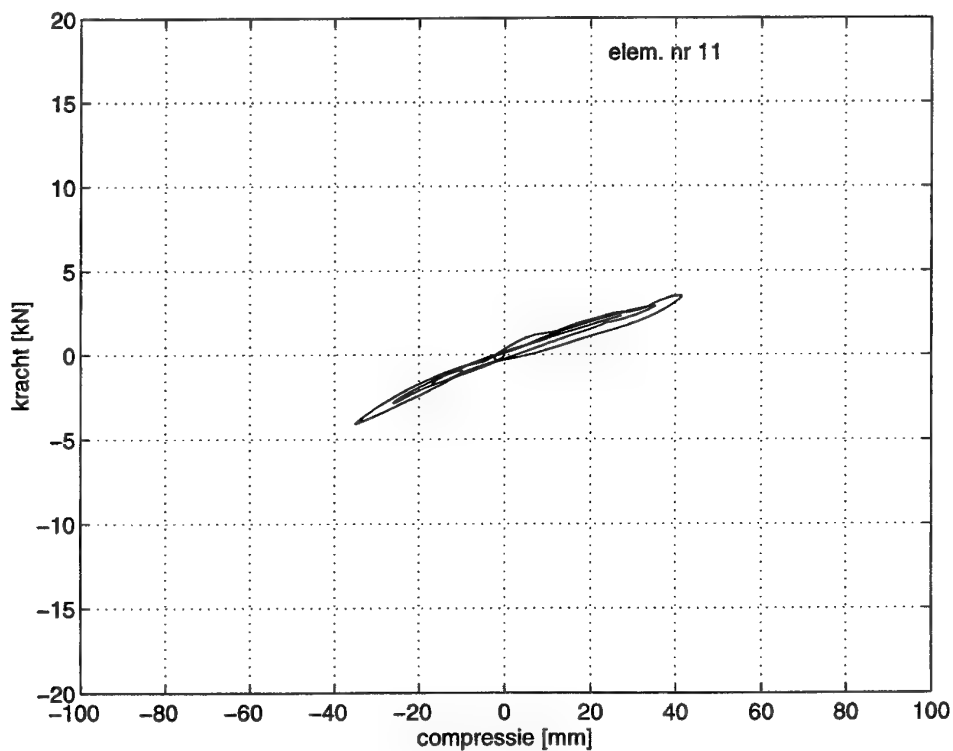


fig. A.17.25 Veer karakteristiek som 17 element 11.

APPENDIX B: Schokspectra

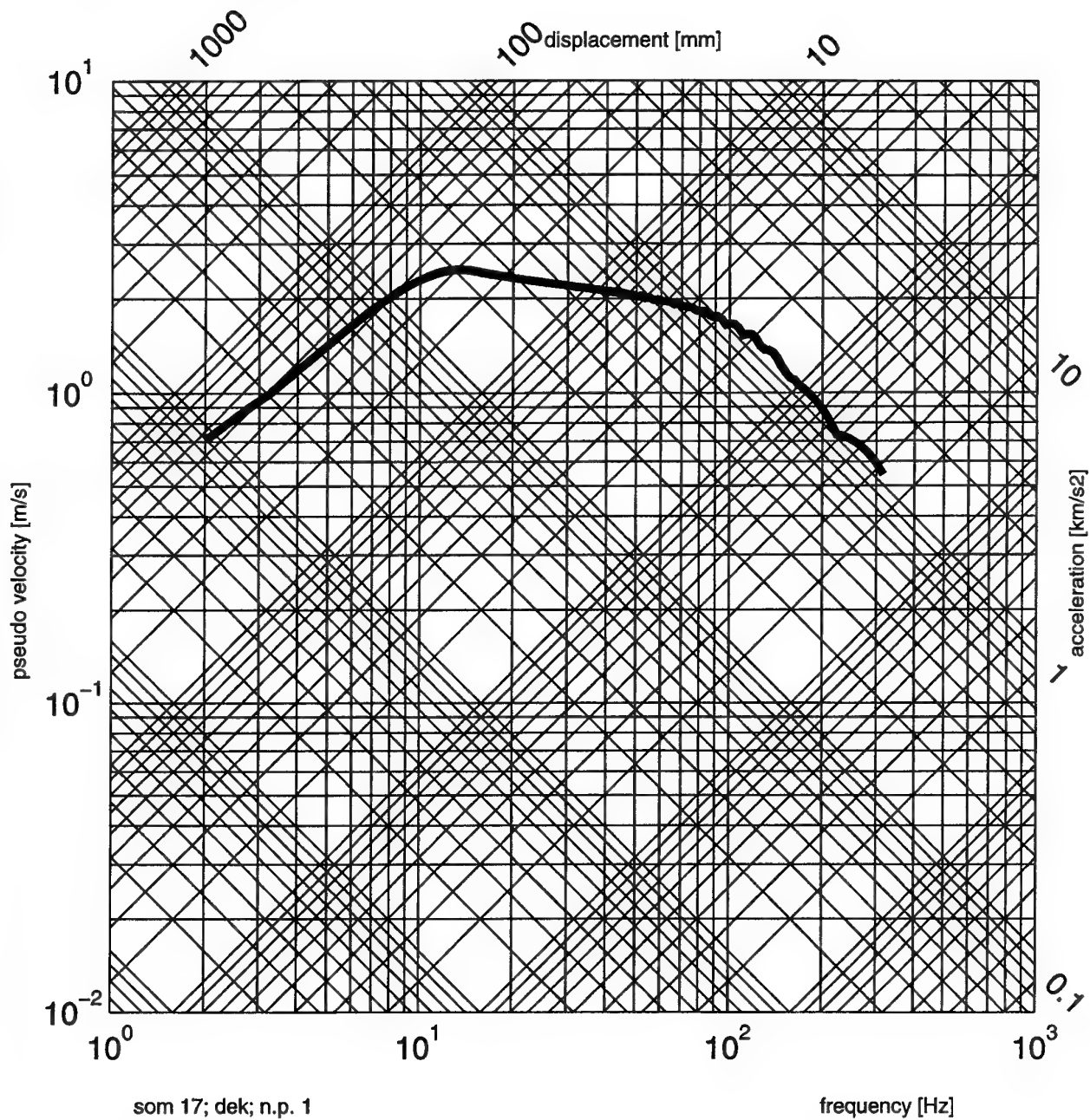


fig. B.17.1 Initieel schokspectrum, som 17, dek, n.p. 1

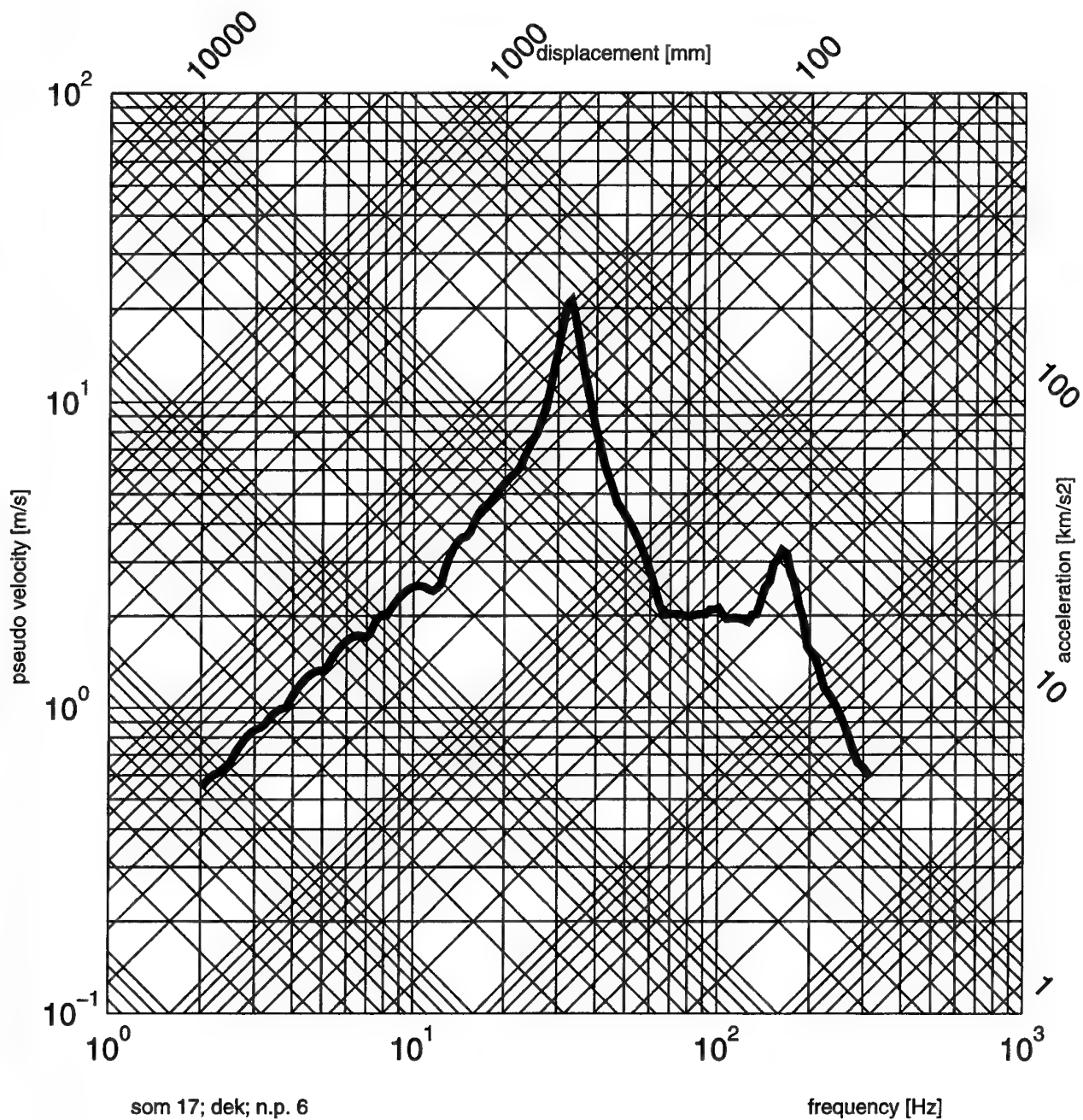


fig. B.17.2 Initieel schokspectrum, som 17, dek, n.p. 6

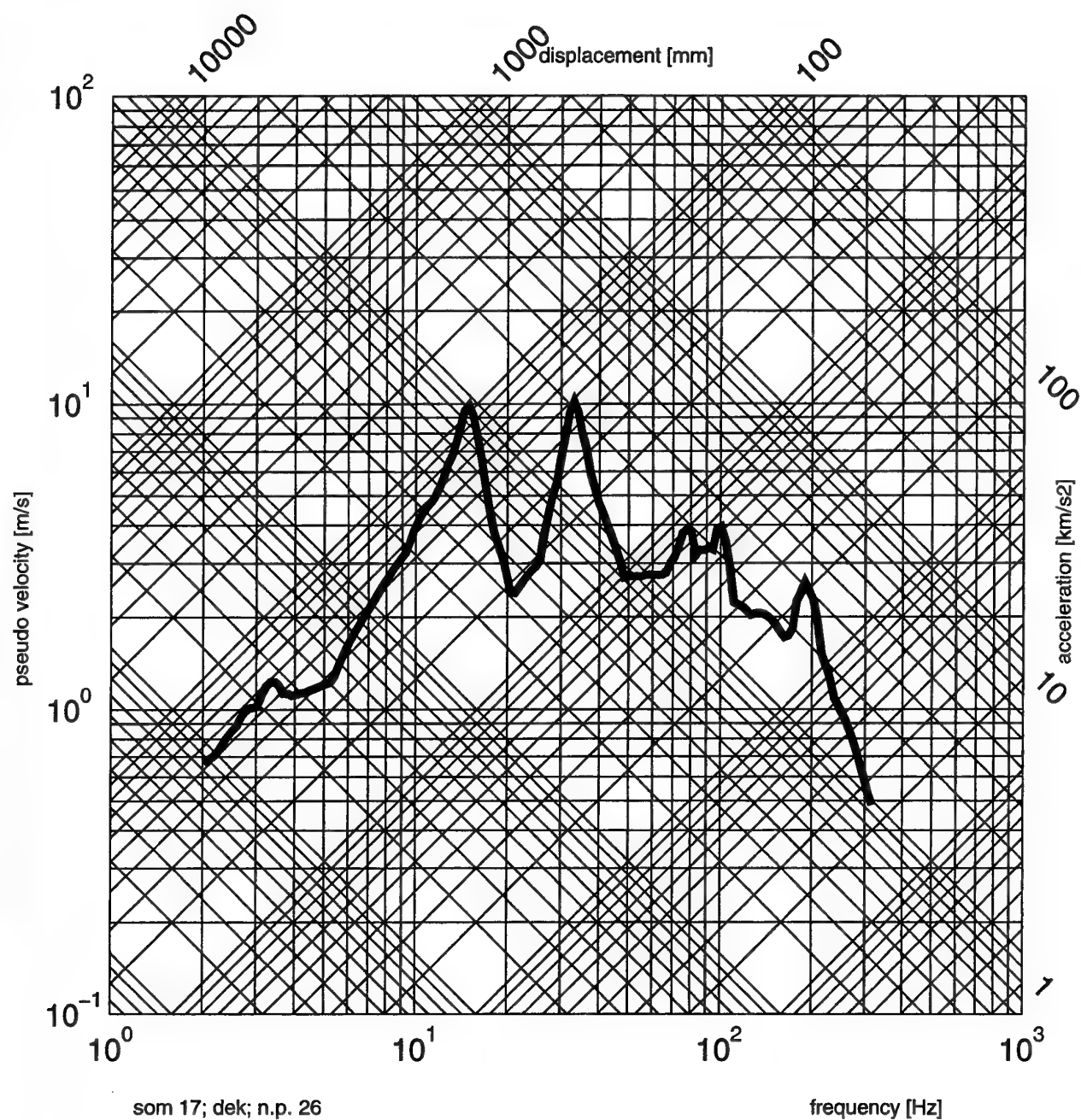


fig. B.17.3 Initieel schokspectrum, som 17, dek, n.p.26

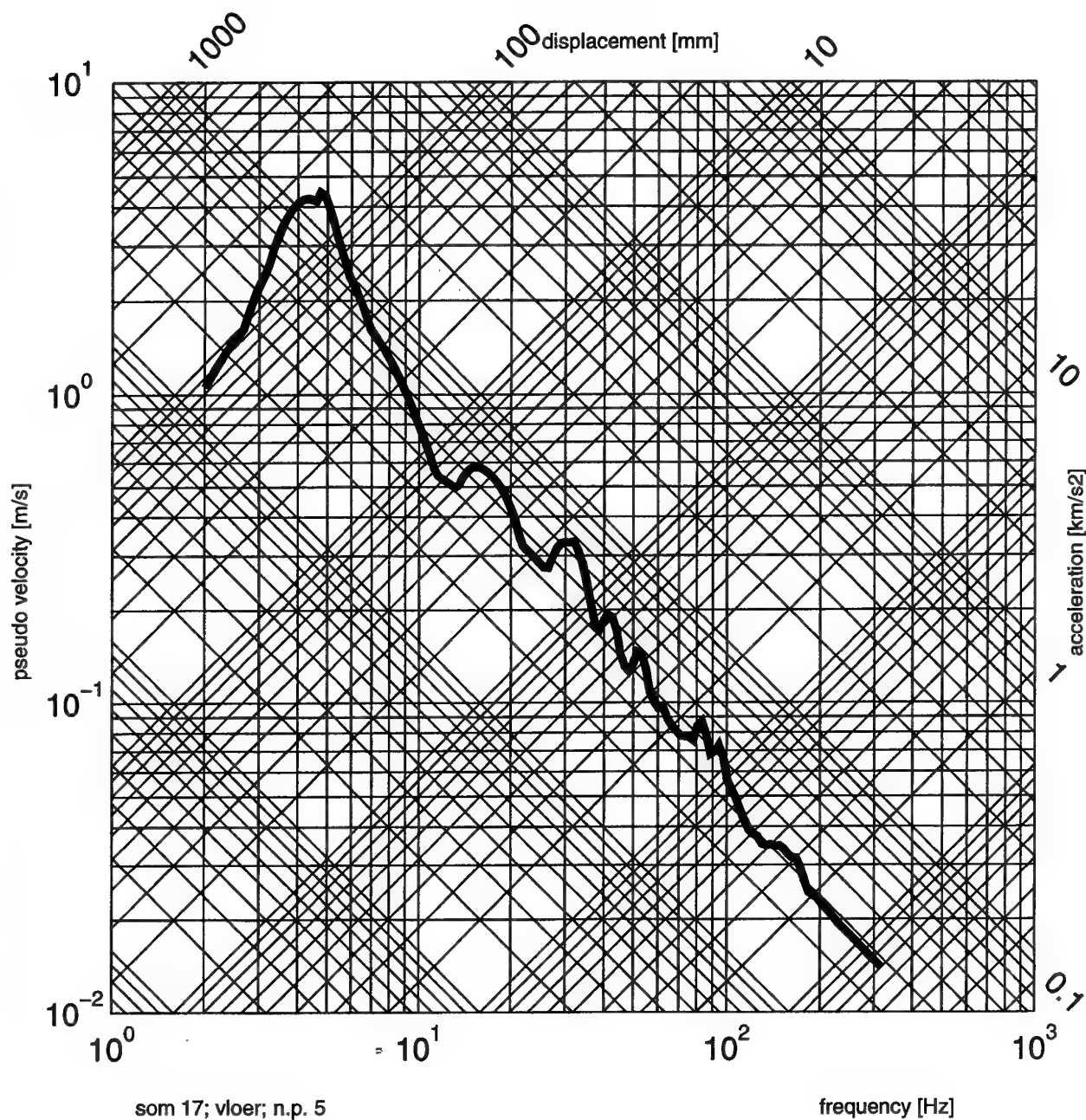


fig. B.17.4 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 5

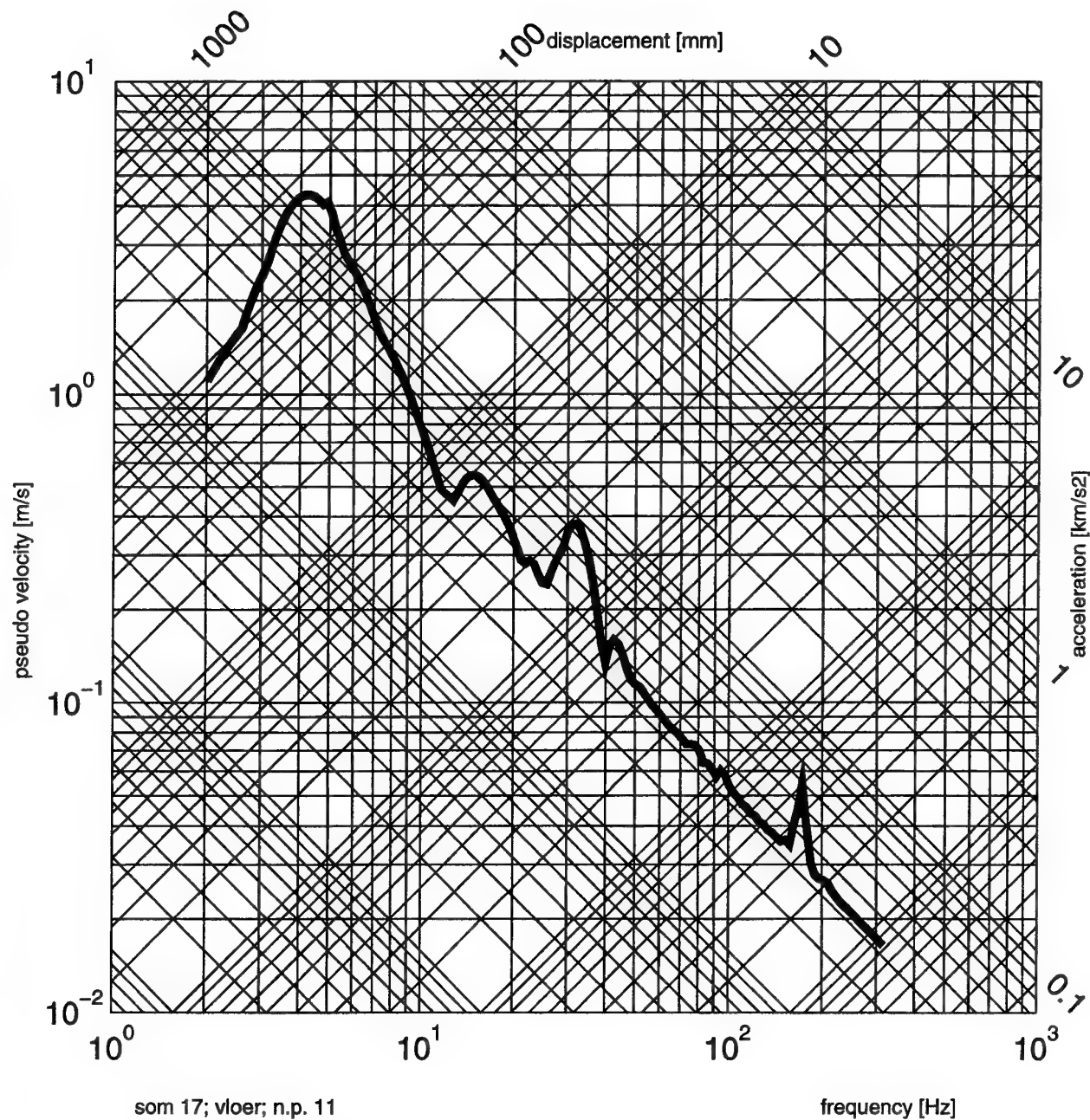


fig. B.17.5 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 11



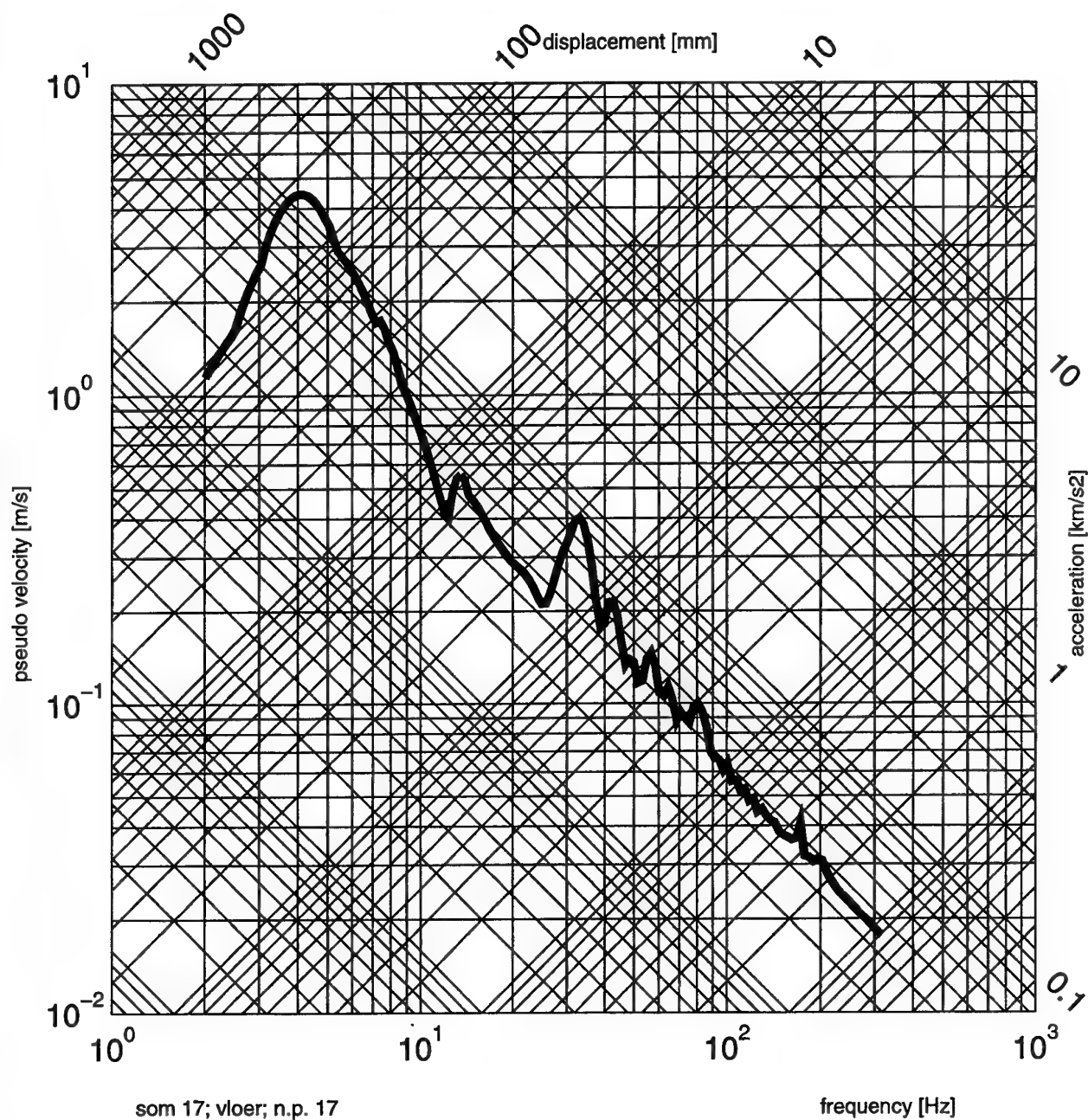


fig. B.17.6 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 17



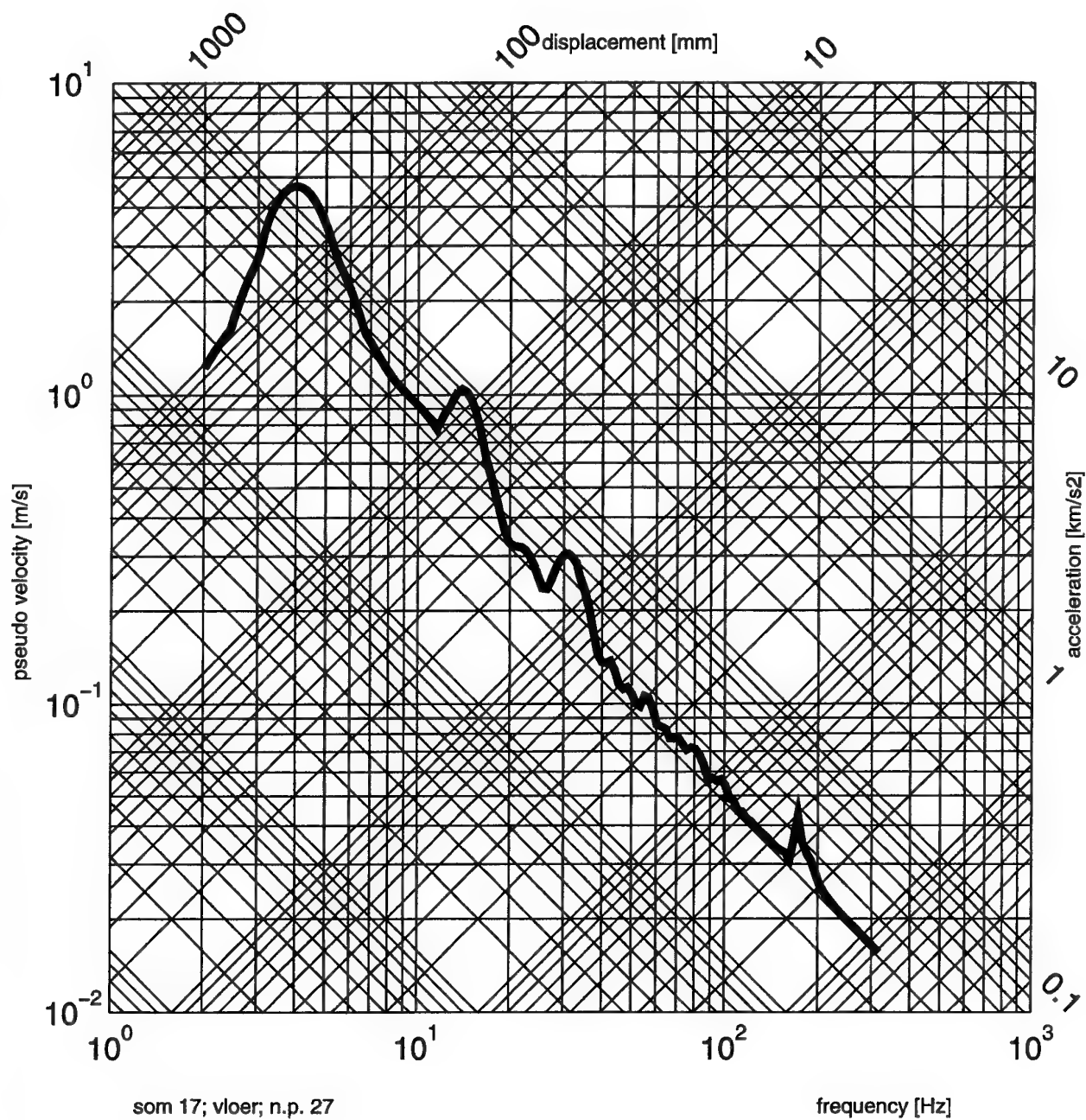


fig. B.17.7 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 27

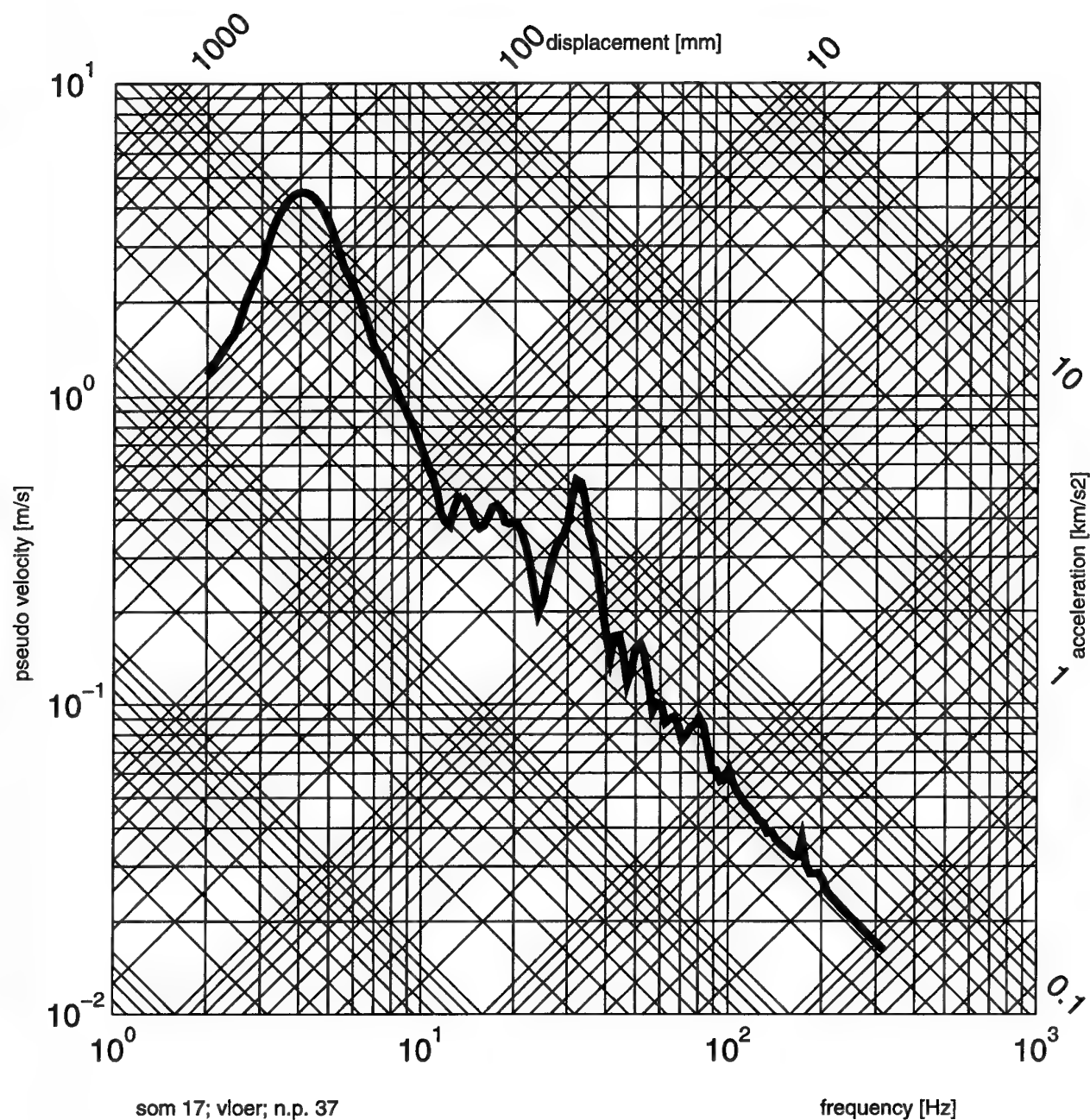


fig. B.17.8 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 37

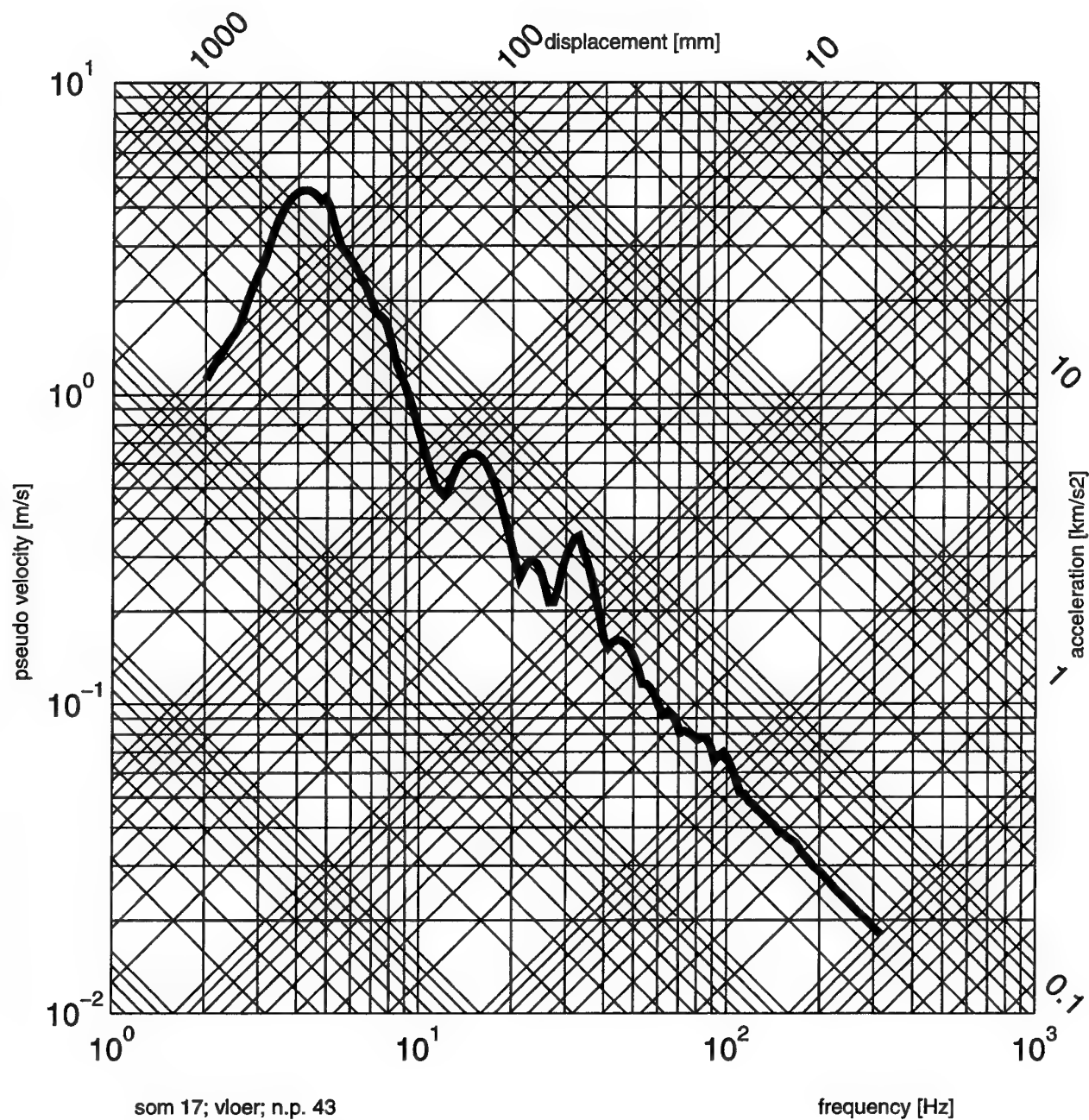
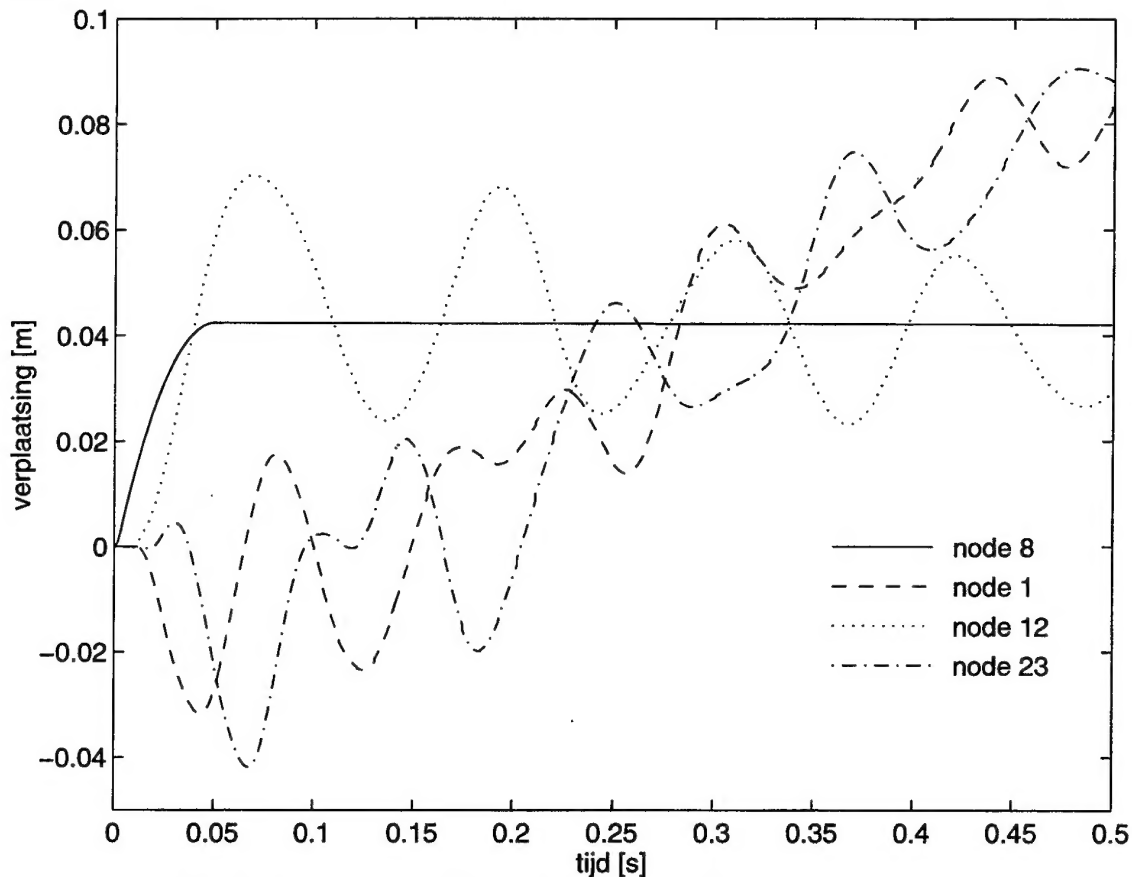


fig. B.17.9 Initieel schokspectrum, som 17, vloer, n.p. 43

### Appendix C Damping van de vloer

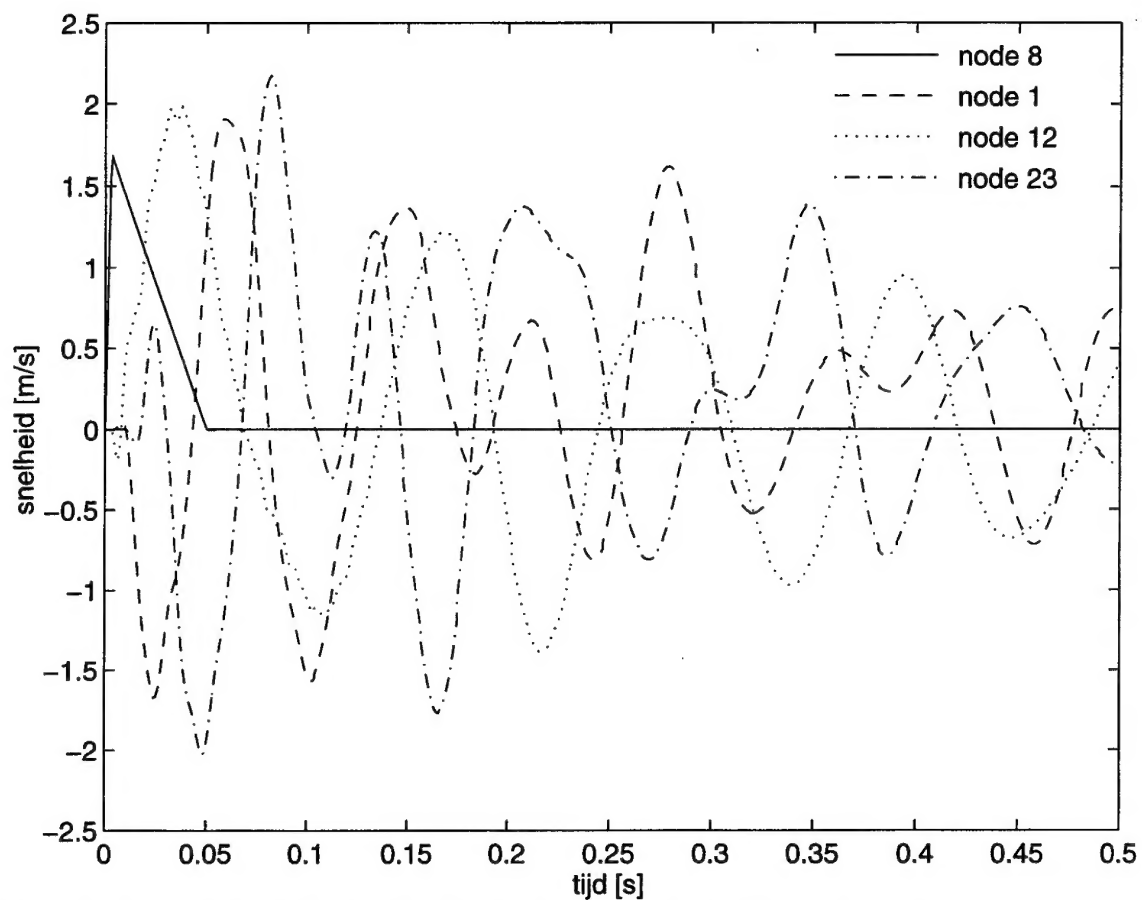
De modellering van damping is getest met een eenvoudig model, **som 17a** met alleen de volledig vloer met kabinetten. Dek en veren zijn weggelaten. De damping is gemodelleerd door tussen alle opvolgende knooppunten van de vloer veren te plaatsen met als afschuifstijfheid in de verticale richting:  $K=4900 \text{ Ns/m}$ . Dit is dezelfde aanpak als gebruikt in [9, Appendix B] voor de damping in het dek. De verplaatsing van de punten tussen de kabinetten (ASKA kn.p 8 en 16) is voorgeschreven met dezelfde kick off puls als in de echte berekening (hetgeen uiteraard niet realistisch is, doch alleen gebruikt als rekenpuls.)

In de volgende figuren worden de verplaatsing en de snelheid van het midden en de uiteinden van de vloer getoond.



**fig. C.1** Verplaatsing som 17a vloer n.p. 4, 12 en 20 en n.p. 8 (voorgeschreven)

Beide geven voor het midden van de vloer volgens het logaritmisch decrement een damping van .04 bij een frequentie van ca 8 Hz. Dit komt overeen met de gewenste waarde. Uit de beweging van de zijden is de damping slechter te bepalen omdat daar een zweving optreedt.



**fig. C.2** Snelheid som 17a vloer n.p. 4, 12 en 20 en n.p. 8  
(voorgeschreven)

Dezelfde dempingsveren zijn gebruikt in som 17.

ONGERUBRICEERD

REPORT DOCUMENTATION PAGE		
1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 97 - 0064	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER 97-CMC-R286
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 72376286	5. CONTRACT NUMBER A97/KM/106	6. REPORT DATE 25 juni 1997
7. NUMBER OF PAGES 35 (incl. appendices & excl. RDP + Distr. List)	8. NUMBER OF REFERENCES 10	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Interim Report
10. TITLE AND SUBTITLE  SCHOKREDUCTIE D.M.V. ZWEVENDE VLOEREN; INVLOED DEMPING BIJ STIJVE KABINETTEN. Shock reduction by means of resiliently mounted floors; Influence of stiffness of cabinets and damping.		
11. AUTHOR(S)  J. van den Eikhoff		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  Centre for Mechanical Engineering Leeghwaterstraat 5 2628 CA DELFT, The Netherlands		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESSES(S) Sponsor: Netherlands Ministry of Defence Monitoring agency: TNO Defence Research, Schoemakerstraat 97, 2628 VK DELFT, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES  The Centre for Mechanical Engineering is part of TNO Building and Construction Research Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTES)  Het effect van demping in vloer en dek bij zeer stijve kabinetten is onderzocht. De in dit rapport veronderstelde demping heeft een verlaging (36%) van de maximale spanning in het dek en een verlaging van de maximale spanning in de vloer (20 %) tot gevolg. Dit komt voornamelijk doordat de hogere eigenfrequenties van dek en vloer snel uitgedempt worden. Een nader onderzoek naar de werkelijke demping in zowel dek als vloer is dus wenselijk, daar de extreme spanningen hier sterk van af hangen.		
16. DESCRIPTORS Underwater explosion Frigate Ship structure Shock response		IDENTIFIERS Shock analysis Finite element methods shock mounting
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)  ONGERUBRICEERD	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)  ONGERUBRICEERD	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)  ONGERUBRICEERD
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited availability, <del>request should be referred to sponsor</del>		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) ONGERUBRICEERD

ONGERUBRICEERD

DISTRBUTIELIJST RAPPORT 97-CMC-CMC-R286

Instituut: TNO Bouw CMC

Project A97/KM/106

DWOO	1
HWO-Centrale Organisatie	(B)
HWO-KM	1
HWO-KL	(B)
HWO-KLu	(B)
Projectleider DMKM, ir J.A.A. Vaders	5
Archief Afdeling MT/MMT	1
Bureau TNO-DO	1
TNO-Centrum voor Mechanische Constructies	5
Bibliotheek KMA	3

(B) = Beperkt rapport